

Veli Matti Seppänen

**LABVIEW -OHJELMISTOLLA  
MODUULIN  
9129 KÄYTTÖÖNOTTO-OHJE**  
Kytkenät ja ohjelmointi

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma


Huhtikuu 2015




**MAMK**

University of Applied Sciences

# KUVAILULEHTI

 <b>MAMK</b> University of Applied Sciences		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b> 14.5.2015	
<b>Tekijä(t)</b> Veli Matti Seppänen		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Sähkötekniikan koulutusohjelma	
<b>Nimeke</b> LabVIEW -ohjelmistolla moduulin 9219 käyttöönotto-ohje.			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä Mikkelin ammattikorkeakoulun, sähkötekniikan koulutusohjelmalle ohjeet LabVIEW 2014 -ohjelmistolla ohjelmoitavien mittausten tekoon käyttäen Ni 9219- moduuliin kytkettyjä antureita ja laitteita.</p> <p>Opinnäytetyössä tein ohjeet resistanssi (vastus)-, termopari-, RTD- anturi (Pt 100)-, jännite- ja venymäliuskamittauksista.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin selkeät ohjeet oppilaiden käyttöön siitä, kuinka kukin anturi tai toimilaitte tulee kytkeä 9219 -moduuliin ja ohjelmoidaan käyttöön LabVIEW 2014 -ohjelmistolla.</p> <p>Ohjeet on tarkoitettu henkilöille, joilla on LabVIEW -ohjelmiston alkeet hallussa.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Mittaus, ohjelmointi, ohjeet, automaatio,			
<b>Sivumäärä</b> 51 + liitteet 2s	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>	
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Honkanen Hannu		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Mikkelin ammattikorkeakoulu	

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b>  14.5.2015	
<b>Author(s)</b> Veli Matti Seppänen		<b>Degree programme and option</b> Degree Programme in Electrical Engineer	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> LabVIEW software module 9219 deployment guide.			
<b>Abstract</b>  <p>Mikkeli University of Applied Sciences has LabVIEW 2014 software in its laboratory of Electrical Engineering. The aim of this thesis was to make instructions for this software to make programmable measurements using a the Ni- module connect sensor.</p> <p>The instructions are for resistance, thermocouple, RTD -sensor (Pt100), voltage and strain gauge measurements.</p> <p>To make the instructions the operation of the sensors and the software were studied using literature and the manufacturers' instructions.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b> measurement, indication, automation,			
<b>Pages</b> 51p.+ app.2p	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b> Honkanen Hannu		<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Mikkelin University of Applied Sciences	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	LAITTEISTOT .....	1
2.1	National Instruments Ni cDAQ-9132 .....	1
2.1.1	Ni cDAQ-9132 ohjaimen liittimet ja merkki ledit, kuva 2.2 .....	3
2.1.2	Ni cDAQ-9132 ohjaimen merkki ledien toiminnot .....	3
2.2	National Instruments moduuli Ni-9219 .....	5
3	KYTKENNÄN JA TULOSIGNAALIN TARKISTUS LABVIEW 2014 .....	7
3.1	Moduuliin kytketyn anturin tai laiteen kytkennän tarkistus .....	7
3.2	Signaalin voimakkuuden tarkistus .....	8
4	MODUULIN NI 9219 ESILLE HAKU LABVIEW TAKAPANELIIN .....	8
5	JÄNNITELÄHETIN .....	10
5.1	Työssä käytetty jännitelähetin .....	10
5.2	Skaalauksen laskeminen .....	11
5.3	Lähettimen kytkentä moduuliin .....	12
5.4	Lämpötilamittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto .....	12
5.5	CO 2 mittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto .....	16
6	PT 100 ANTURI .....	18
6.1	Työssä käytetty Pt 100 anturi .....	19
6.2	Pt 100 anturin kytkentä moduuliin .....	20
6.3	Pt 100 ohjelmointi ja käyttöönotto .....	21
7	TERMOPARI .....	23
7.1	Työssä käytetty termopari .....	26
7.2	Termoparin kytkentä moduuliin .....	26
7.3	Termoparin ohjelmointi ja käyttöönotto .....	27
8	RESISTANSSI .....	28
8.1	Resistanssin kytkentä moduuliin .....	28
8.2	Resistanssin mittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto .....	29
8.2.1	Resistanssit rinnan ohjelmointi ja mittaus .....	32
9	VENYMÄLIUSKA .....	34
9.1	Työssä käytetty venymäliuska .....	36

9.2	Venymäliuskan kytkentä moduuliin .....	36
9.3	Venymäliuskamittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto .....	37
10	MITTAUS WI-FI-YHTEYDELLÄ CDAQ -9191:N AVULLA .....	43
10.1	Alustan NI cDAQ-9191 käyttöönotto.....	43
11	POHDINTA .....	49
	LÄHTEET .....	50
LIITTEET		
LIITE 1.	Laitteiston kokoonpanopiirros	
LIITE 2.	Valokuva mittausjärjestelyistä.	

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä ohjeet anturien ja laitteiden kytkentään National Instrumentin valmistamaan moduuliin NI 9219 sekä ohjeet National Instrumentin LabVIEW 2014 -ohjelmistolla tehtävään anturien ja laitteiden käyttöönottoon ja ohjelmointiin. Opinnäytetyön tilaaja on Mikkelin ammattikorkeakoulu. Ohjeet on laadittu henkilöille, joilla on LabVIEW -ohjelmiston alkeet hallussa.

Työssäni tutustuin 9219 moduuliin kytkettävien antureiden toimintaan ja historiaan sekä antureiden ja laitteiden kytkentään kyseiseen moduuliin. Lisäksi perehdyin ohjaimen Ni cDAQ-9132 toimintaan ja merkkivalojen merkitykseen. Kytin myös NI 9219 moduulin Ni cDAQ-9191 alustaan, jonka avulla mittaus tuloksia voi tarkastella Wi-Fi yhteyden kautta. Tein vaihevaiheelta ohjeet antureiden käyttöönotosta LabVIEW 2014 -ohjelmistolla sekä Wi-Fi yhteyden käyttöönotosta.

Työssäni kytin moduuliin resistanssi (vastus)-, termopari-, RTD- anturi (Pt 100)-, jännite- ja venymäliuskamittaukset.

Lähteinä käytin kirjallisuutta, anturivalmistajien sivustoja sekä National Instrumentin laiteohjeita.

## 2 LAITTEISTOT

### 2.1 National Instruments Ni cDAQ-9132

Ni cDAQ-9132 on neljän National Instrumentsin C-sarjan moduulin ohjainyksikkö. Käyttämäni yksikköön on ladattu käyttöjärjestelmäksi Windows 7. Käyttöjärjestelmäksi voisi myös ladata National Instrumentsin oman järjestelmän LabVIEW Real-Time system. Ohjainta voidaan kaukokäyttää toisella tietokoneella internet-yhteyden kautta (etäpöytäyhteys). /13, s. 1./

Ohjaimessa on integroituna 1,33 GHz dual-core Atom- prosessori, 16 Gt kiinteä muisti ja 2 Gt DDR3 RAM-muisti. Ohjaimessa on SD-muistikortti paikka, kaksi USB-porttia, yksi USB B-sarjan portti, kaksi RJ-45 Ethernet-porttia, RS-232-sarjaportti ja

mini Display-portti näytölle. Ohjaimeen voidaan liittää neljä kappaletta S-sarjan moduulia. Ohjaimeen asennettaviin C-sarjan I/O-moduuleihin on yleensä integroituna signaalin muokkaus. C-sarjan moduuleilla voidaan mitata laaja-alaisesti analogiset ja digitaaliset I/O-signaalit. Erilaisiin moduuleihin voidaan kytkeä yli 60 erilaista anturia. /13;14./

Ohjain tarvitsee virtalähteen DC 24V, joka kytketään liittimiin +V1 ja – C tai +V2 ja – C kuvassa 2.2 kohta 4.

Virtalähteenä oli National Instrument NI PS-15 Power Supply.

**Laitteiston kokoonpanopiirros.                      Liite 1.**

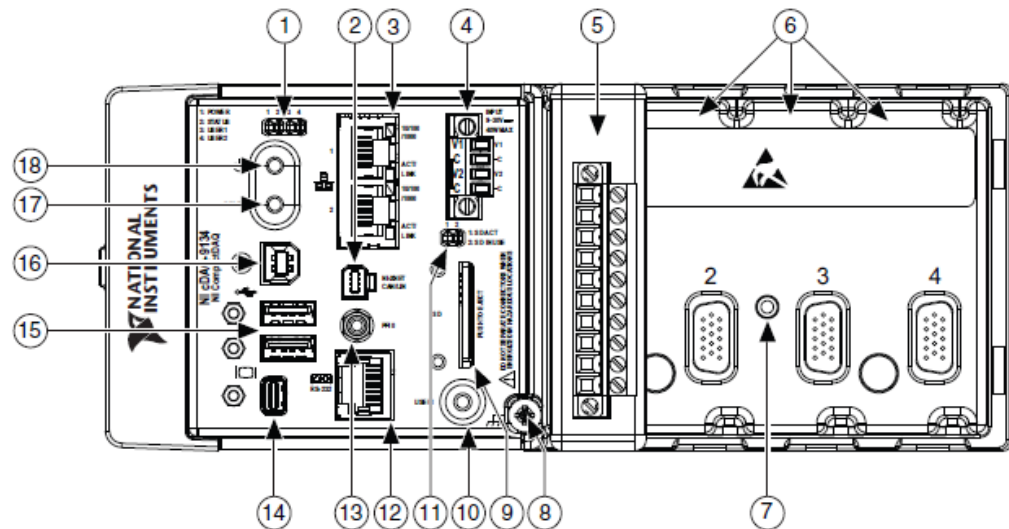
**Valokuva mittausjärjestelyistä.                      Liite 2**

Ni cDAQ-9132 ohjain, jossa asennettuna neljä moduulia kuva 2.1 /14/.



KUVA 2.1 Ni cDAQ-9132 /14/.

### 2.1.1 Ni cDAQ-9132 ohjaimen liittimet ja merkki ledit, kuva 2.2



- |  |   |
|--|---|
| 1 POWER, STATUS, USER1, and USER2 LEDs                                 | 10 USER1 Button                               |
| 2 NI-XNET CAN/LIN Connector (cDAQ-9134 Only)                           | 11 SD ACT and SD IN USE LEDs                  |
| 3 RJ-45 Ethernet Ports 1 and 2, ACT/LINK and 10/100/1000 Ethernet LEDs | 12 RS-232 Serial Port                         |
| 4 Power Connector  | 13 PFI 0 SMB Connector                        |
| 5 Installed C Series I/O Module  | 14 Mini DisplayPort Connector                 |
| 6 Module Slots   | 15 USB Host Ports and USB Retention Standoffs |
| 7 CMOS Reset Button  | 16 USB Device Port and USB Retention Bracket  |
| 8 Chassis Grounding Screw  | 17 RESET Button                               |
| 9 SD Card Removable Storage and SD Card Slot Cover Mounting Holes      | 18 Power Button                               |

KUVA 2.2 Ni cDAQ-9132 /13, s. 2./

### 2.1.2 Ni cDAQ-9132 ohjaimen merkki ledien toiminnot

Merkki ledeillä ilmaistaan verkkoyhteyden toiminta sekä siirtonopeus. Ledit ilmaisevat myös ohjaimen normaali toiminnan sekä mahdolliset häiriötilanteet ja SD-muistikortin toiminnot sekä turvallisen poiston korttipaikasta.

Merkkivalot kuvan 2.2, kohdan 4 ledit Lan-yhteys. Taulukko 2.1 /13, s. 46./

TAULUKKO 2.1 Lan-yhteys /13, s. 46./

Ledi	Ledin väri	Ledin toiminto	Ledin merkitys
ACT/LINK	Vihreä	Ei pala	Lan- yhteyttä ei ole
		palaa	Lan- yhteys toiminnassa
		Vilkkuu	Lan- yhteys aktiivinen
10/100/1000	keltainen	Palaa	1000 Mbit /s tiedonsiirtonopeus
	Vihreä	Palaa	100 Mbit /s tiedonsiirtonopeus
		Ei pala	10 Mbit /s tiedonsiirtonopeus



Merkkivalot kuvan 2.2, kohdan ① ledit virta ja tila. Taulukko 2.2 /13, s. 34./

TAULUKKO 2.2 Pover Status /13, s. 34./

Ledi	Ledin väri	Ledin toiminto	Ledin merkitys
Pover	Vihreä	Palaa	DAQ-ohjain saa jännitteen tulosta V1 kuvassa 2.2 kohta 4
	Keltainen	Palaa	DAQ-ohjain saa jännitteen tulosta V2 kuvassa 2.2 kohta 4
		Ei pala	DAQ-ohjain ei saa jännitettä
Status	Keltainen	Vilkkuu 2 kertaa muutaman sekunnin välein	Ohjain on havainnut virheen ohjelmistossa. Tämä tapahtuu yleensä silloin, kun ohjelmistoa yritetään päivittää ja ohjelmiston päivitys keskeytyy. Katso Measurement & Automation Expolorel ohje. Kohdasta ohjelmiston asentaminen.
		Vilkkuu 3 kertaa muutaman sekunnin välein	Ohjain on vikasetotilassa. Katso Measurement & Automation Expolorel ohje. Kohdasta viansietotila.
		Vilkkuu 4 kertaa muutaman sekunnin välein	Ohjelmisto on kaatunut kahdesti ilman uudelleenkäynnistystä tai virran syöttö katkoo. Virhe johtuu yleensä siitä, että muistin kapasiteetti loppuu. Tarkista muistin käyttö.
		Vilkkuu jatkuvasti	Järjestelmän ohjaimien käynnistyminen keskeytyi, ohjelmaa käynnistettäessä tai havaittu peruuttamaton ohjelmisto virhe.
		Palaa	Ohjain käynnistyy
	Punainen	Palaa	Sisäinen virtalähde vika. Tarkista etupaneelin I / O ja C- sarjan moduulien liitännät. Poista kaikki moduulit. Jos ongelma ei poistu ota yhteys National Instrumentsiin.
		Ei pala	Toiminto normaali

Merkkivalot kuvan 2.2, kohdan ⑪ ledit SD-muistikortille. Taulukko 2.3 /13, s. 39./

TAULUKKO 2.3 SD-muistikortti /13, s. 39./

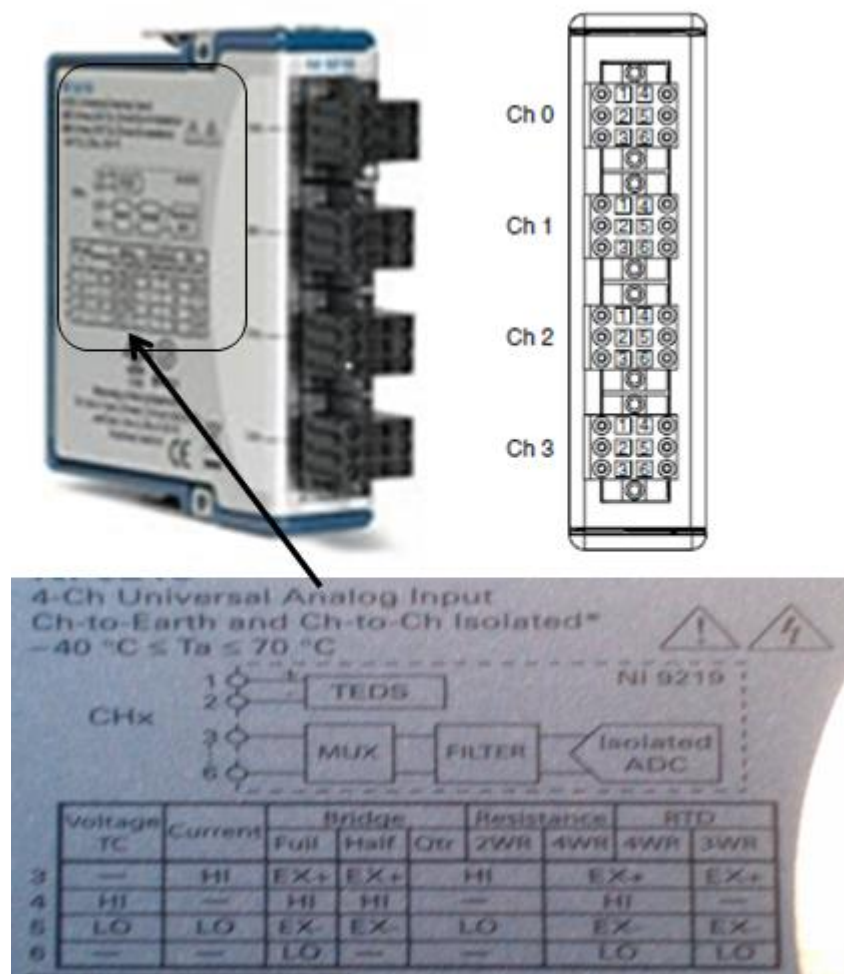
Ledi	Ledin väri	Ledin toiminto	Ledin merkitys
SD ACT	Keltainen	Ei pala	SD-muistikortilta ei ole toimintaa moduulien I/O paikkoihin.
		Vilkkuu	Ohjain suorittaa tiedonsiirtoa I/O paikoista SD-muistikortille. Älä poista SD-muistikorttia markkivalon vilkkuessa.
SD IN USE	Vihreä	Ei pala	Korttipaikassa ei ole SD-muistikorttia tai ohjain on irrottanut SD-muistikortin käyttöjärjestelmästä. SD-muistikortin poistaminen korttipaikasta on turvallista.
		Palaa	SD-muistikortti on sennettuna käyttöjärjestelmään. Älä poista SD-muistikorttia, kun tämä valo palaa

## 2.2 National Instruments moduuli NI-9219

NI 9219 C-sarjan moduulissa on neljä kappaletta analogituloyksiköitä (ai). Kussakin tulossa on 24-bittinen analogia-digitaalimuunnin (ADC). Mittaus 100 näytettä/s per kanava samanaikaisesti (termoparille 50 näytettä/s per kanava). /15./

Moduuli tukee termopari-, RTD-anturi-, resistanssi-, jännite- ja virtamittausta sekä neljännes-, puoli- ja kokosiltamittausta. Moduuli voi syöttää mittauksessa tarvittavan herätevirran tai jännitteen. Kanavat ovat eristetty toisistaan. Jännitemittauksessa mitausalue on  $\pm 60\text{V}$  ja virran mittauksessa  $\pm 25\text{ mA}$ . Moduulin käyttölämpötila on  $-40 - 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Moduuli NI 9219 kuvassa 2.3 seuraavalla sivulla. /15./

Työssäni kytkin moduuliin resistanssi (vastus)-, termopari-, RTD- anturi (Pt 100)-, jännite- ja venymäliuskamittaukset. Kuhunkin mittaukseen liittyvät kytkentä ja muut tiedot kerrotaan kunkin mittaustavan ohjeessa.



KUVA 2.3 9219 Moduuli /15;17, s. 5/

Moduulin analogia-digitaalimuunnin (Analog to Digital Converter, ADC) muuttaa analogiasignaalin digitaaliseen muotoon.

Analogiasignaali on jatkuvamuotoista ja portaattonta, sillä voi mitata lähes kaikkia positiivisia- ja negatiivisia arvoja. Signaalit ovat esimerkiksi vaihtosähköistä aaltoliikettä, jännitettä tai virtaa. /12, s. 46- 47./

Tavallinen lasilämpömittari on analoginen. Mittarin nestepinnan muutoksen voi nähdä liikkeenä ylös ja alas.

Digitaalinen eli binaarinen signaali on joko tila päällä (1) tai pois (0), se ei sisällä muuta informaatiota. Bitti on pienin digitaalinen tietoalkio, joka on joko 0 tai 1. Tavu (byte) on kahdeksan bitin muoto, jotka ovat peräkkäin. Kun bittejä on kahdeksan kappaletta peräkkäin, niiden päälle (1) pois (0) -tiloja muuttamalla saadaan 256 erilaista arvoa eli  $2^8$ . /12, s. 47./

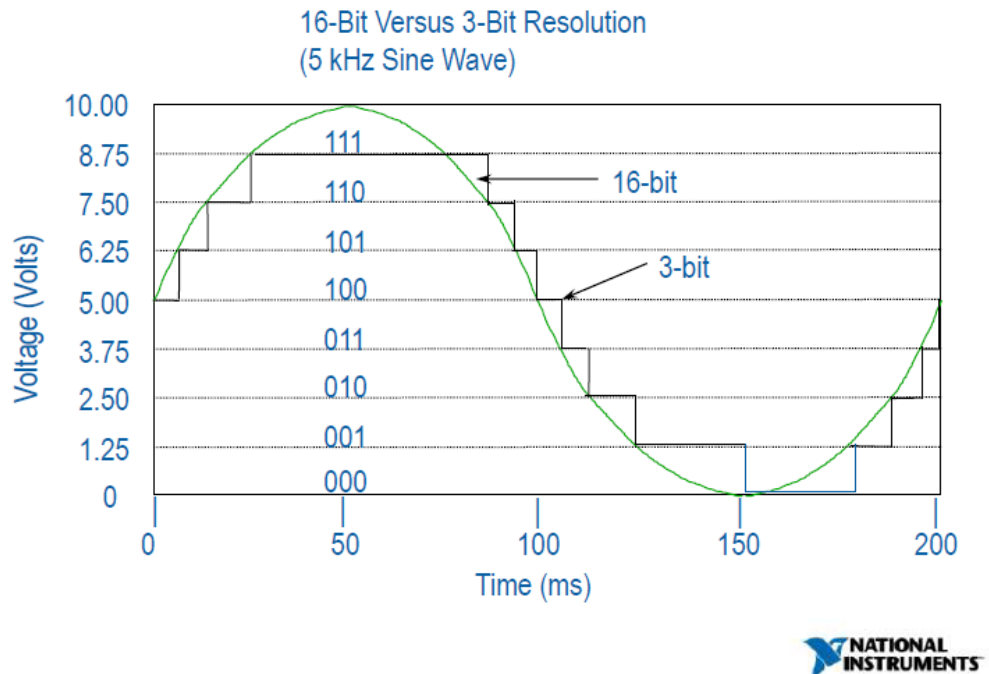
Kun lämmön mittausta toteutetaan digitaalisena, lämpötilan esittäminen tapahtuu numeerisina arvoina.

Analoginen signaali muutetaan digitaalseksi, jotta sitä voitaisiin käsitellä esimerkiksi tietokoneella. Analoginen signaali on herkempi ulkopuolisille häiriöille. Koska digitaalinen signaali on vain päällä pois -tietoa, se ei ole häiriöherkkä.

Moduulissa NI 9219 on 24- bittiä eli  $2^{24}$  (kaksi potenssiin kaksikymmentäneljä) päälle (1) pois (0) -tilaa. Bittimäärä on moduulin resoluutio. Resoluutio eli bittimäärä vaikuttaa siihen, kuinka tarkasti digitaalinen signaali noudattaa alkuperäisen signaalin analogiamuotoa. Mitä suurempi resoluutio, sitä tarkempi on loppusignaali.

Kuvassa 2.4 esitellään resoluution vertailu muutettaessa 5 kHz siniaalto kolmebittiseksi ja kuusitoistabittiseksi digitaalsignaaliksi.

## Resolution



KUVA 2.4 Resoluution vertailu /16, s. 15/.

Kuvasta 2.4 käy ilmi, kuinka 3-bittinen on portainen ja 16-bittinen noudattaa sinimuotoa.

### 3 KYTKENNÄN JA TULOSIGNAALIN TARKISTUS LABVIEW 2014

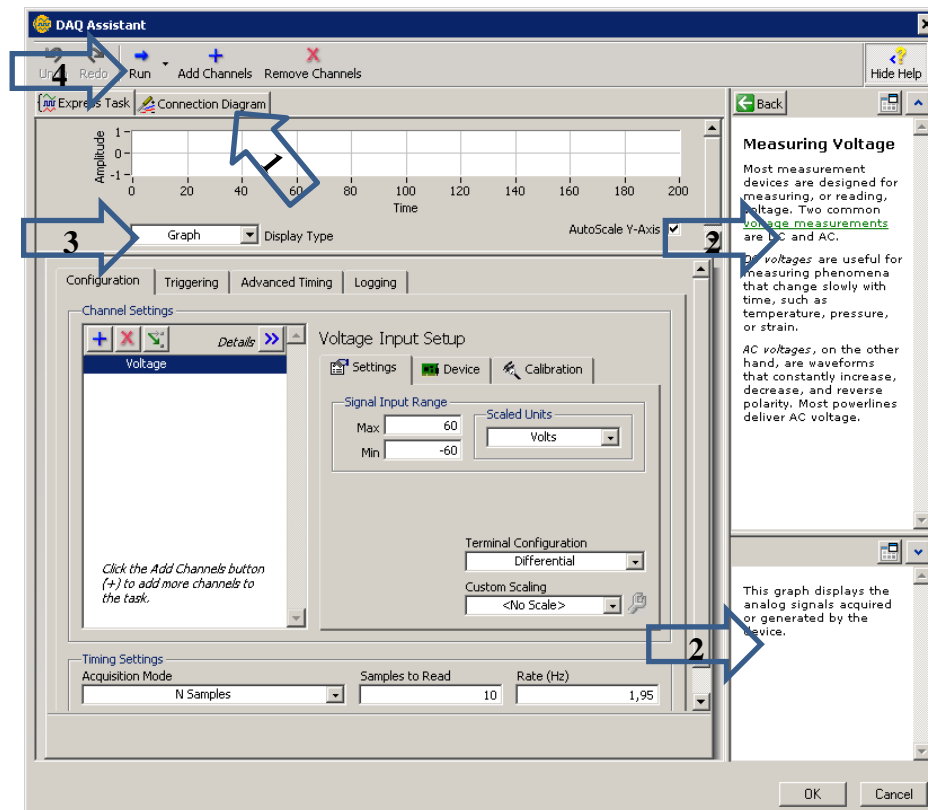
Kun 9219 moduuli on haettu näkyväksi kohdan 4 mukaisesti. Voidaan moduuliin kytkettävän anturin kytkentä tarkistaa kohdan 3.1 mukaisesti. Kun anturi on kytketty moduuliin. Voidaan tulossignaalin voimakkuus tarkistaa kohdan 3.2 mukaisesti.

#### 3.1 Moduuliin kytketyn anturin tai laitteen kytkennän tarkistus

1. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Connection Diagram. Kuva 3.1
2. HUOM: Kytkentä kannattaa tarkistaa myös ohjevalikon kautta.

### 3.2 Signaalin voimakkuuden tarkistus

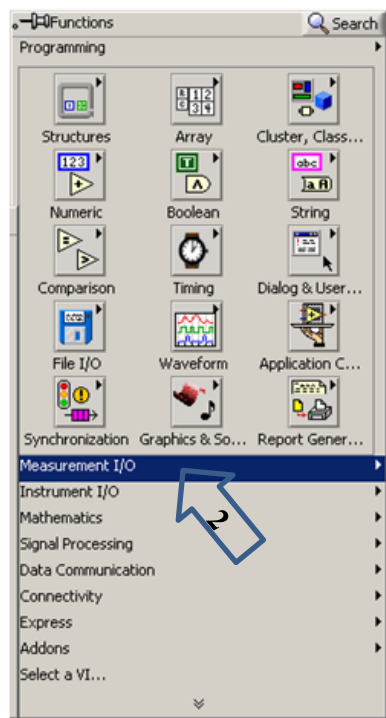
3. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Graph, jos halutaan signaalista graafinen näyttö. Jos halutaan numeronäyttö, valitaan Table. Kuva 3.1
4. Käynnistetään näyttö painamalla Run. Kuva 3.1



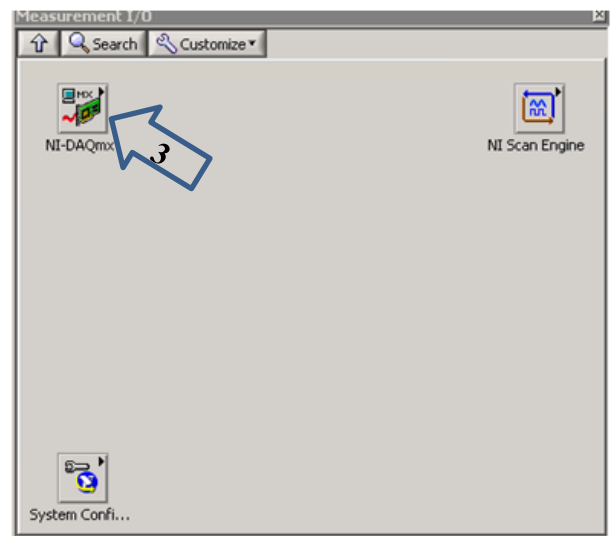
KUVA 3.1

## 4 MODUULIN NI 9219 ESILLE HAKU LABVIEW TAKAPANELIIN

1. Painetaan hiiren kakkospainiketta takapaneelin puolella. Avautuu kuvan 4.1 ikonivalikko.

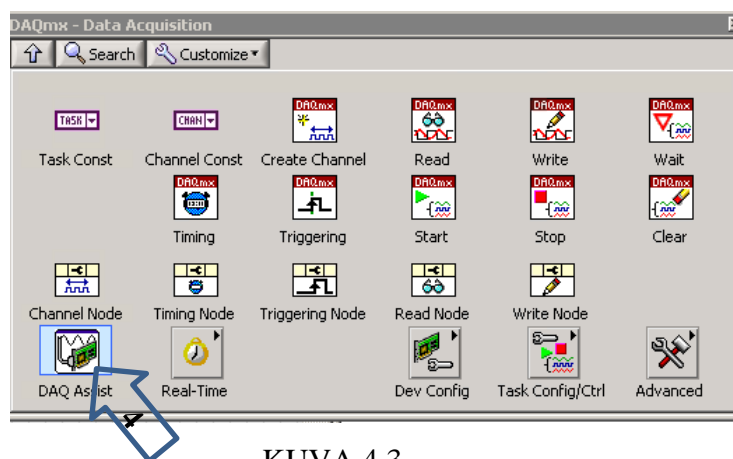


KUVA 4.1.



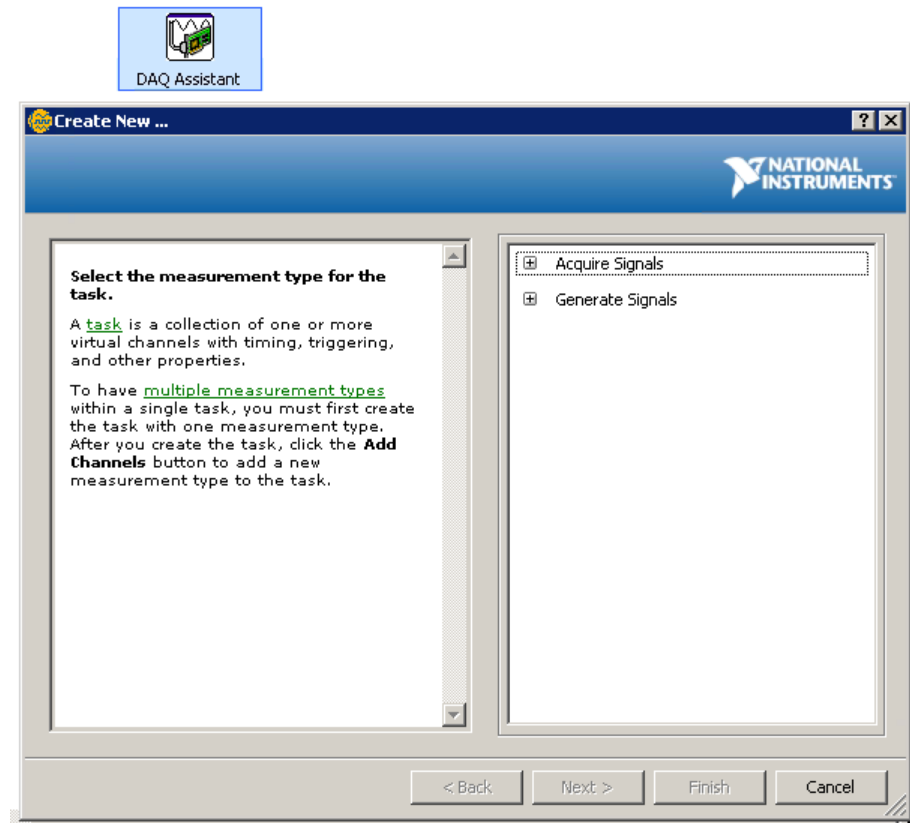
KUVA 4.2.

2. Ikonivalikossa, kuva 4.1, viedään hiiren osoitin kohtaan Measurement I/O. Avautuu alavalikko, kuva 4.2.
3. Esille tullessa alavalikossa, kuva 4.2, hiiren osoitin viedään kohtaan NI\_DAQmx. Avautuu seuraava alavalikko, kuva 4.3.



KUVA 4.3.

4. Seuraavasta alavalikosta, kuva 4.3, valitaan hiiren ykköspainikkeella DAQ Assist. Viedään hiiren osoitin takapaneeliin ja klikataan hiiren ykköspainikkeella. Saadaan DAQ Assistant esille ja samalla avautuu valintaikkuna sisääntulosignaalin valinnalle. Kuva 4.4.



KUVA 4.4.

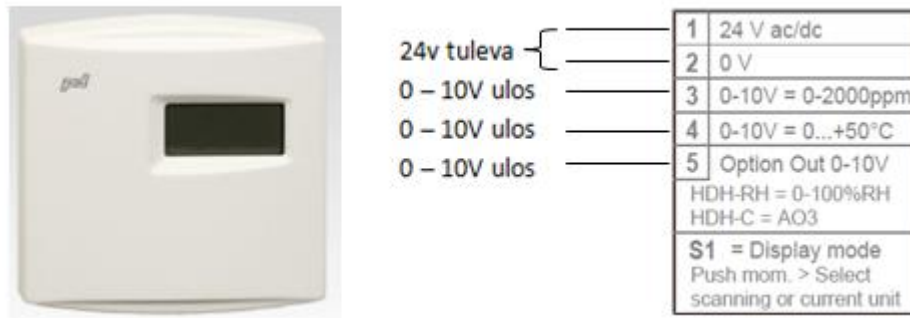
Tämän jälkeen voimme valita, millaisia antureita/laitteita kuhunkin sisääntuloon kytketään. Ohjelmointi jatkuu näistä asetelmista kunkin anturin tai laitteen ohjelmointi- ja käyttöönotto-osiossa.

## 5 JÄNNITELÄHETIN

### 5.1 Työssä käytetty jännitelähetin

Käytin jännitelähettimenä PRODUAL HDH-N -lähetintä. Lähettimellä voidaan mitata lämpötilaa, hiilidioksidipitoisuutta ja ilmankosteutta. Lämpötilamittauksessa ulostulojännite on 0-10V, lämpötila-alueella 0 – +50 °C Hiilidioksidin mittauksessa ulostulojännite on 0 – 10V, alueella 0 – 2000 ppm. Kosteuden mittauksessa ulostulojännite on 0 – 10V, alueella 0 – 100 %. /1./

Lähettimen käyttöjännite on 24V, joka kytketään liittimiin 1 ja 2. Lämpötila lähtö kytketään liittimiin 2 ja 4. Hiilidioksidilähtö kytketään liittimiin 2 ja 3. Kosteuden lähtö kytketään liittimiin 2 ja 5. Lähetin ja kytkentä kuva 5.1. /1./



KUVA 5.1 PRODUAL HDH-N -lähetin /1./

## 5.2 Skaalauksen laskeminen

Koska lähettimen ulostulojännite on 0 – 10V vastaava lämpötila on 0 – 50 °C ja hiilidioksidipitoisuus 0 – 2000ppm. Tarvitsee laskea skaalauskerroin, jotta lämpötilan näyttö saadaan oikeaksi.

Kertoimien laskeminen.

$$\frac{50^{\circ}\text{C}}{10\text{V}} = 5^{\circ}\text{C } 1\text{V}$$

$$\frac{2000\text{ppm}}{10\text{V}} = 200\text{ppm}/1\text{V}$$

Lämpötilakerroin = 5\*tulosignaali

Hiilidioksidikerroin CO2 = 200\* tulosignaali

Esimerkki laskusta, jos ulostulojännite on 1 – 10V ja vastaava lämpötila olisi -50 – +200 °C. Huomioitava, että tulo jännitteen ollessa 1V on lämpötilan näytettävä -50 °C

Lasketaan jännite- ja lämpötilaero.

Jännite-ero on 10V-1V = 9V ja lämpötila ero 50 °C +200 C° = 250 °C

Kertoimien laskeminen.

$$\frac{250^{\circ}\text{C}}{9\text{V}} = 27,778$$

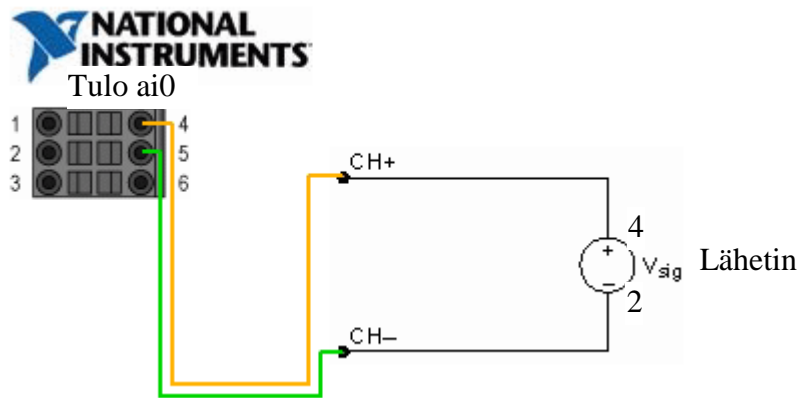
$$200^{\circ}\text{C} - 10*27,78 = -77,78$$

Kerroin = 27,778\*tulosignaali-77,78



### 5.3 Lähettimen kytkentä moduuliin

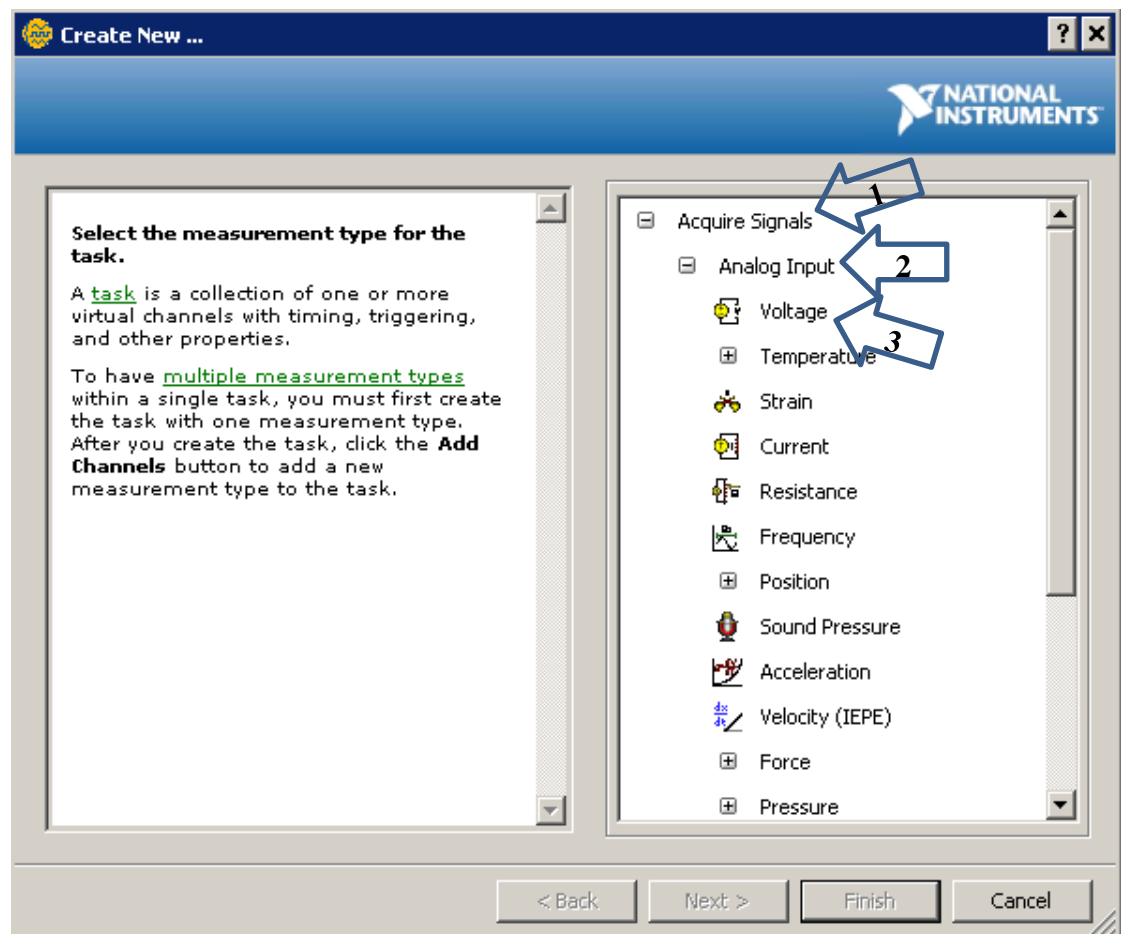
Kytken moduuliin lämpötila- ja hiilidioksidinmittauksen. Lämpötilan kytken moduulipaikkaan ai0 ja hiilidioksidin moduulipaikkaan ai1. KytKentä moduulissa, kuva 5.2.



KUVA 5.2. Jännitelähettimen kytkentä

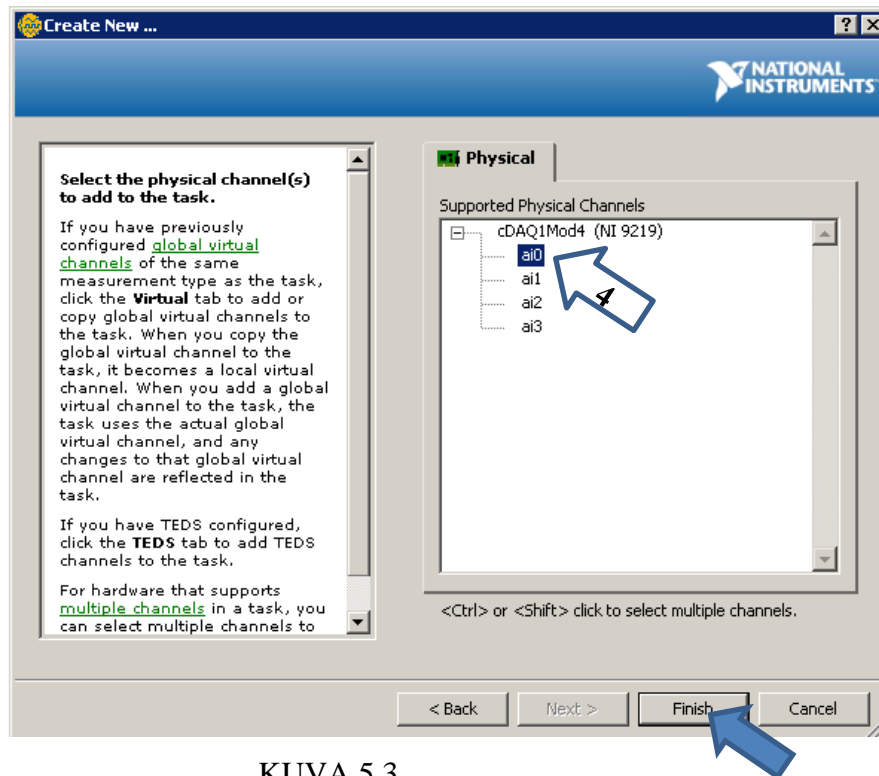
### 5.4 Lämpötilamittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto

Jatketaan ohjelman tekoa kohdan 4, kuvan 4.4 tilanteesta.



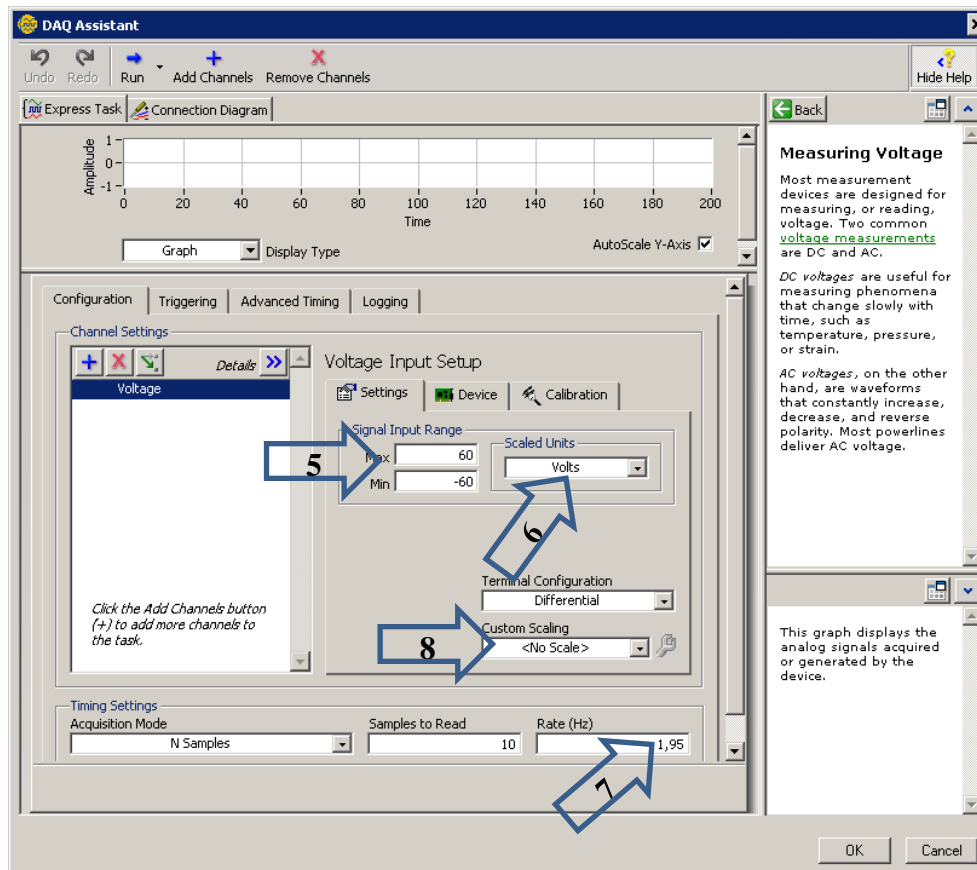
KUVA 5.3

1. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Acquire Signal. Avautuu ikkuna. Kuva 5.3
2. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Analog Input.
3. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Voltage. Avautuu ikkuna, jossa voidaan valita moduulista haluttu analogi input (ai). Ikkunassa näkyy myös, mikä moduuli on kyseessä. Tässä tapauksessa (cDAQ1Mod4 (NI 9219)), kuva 5.3.



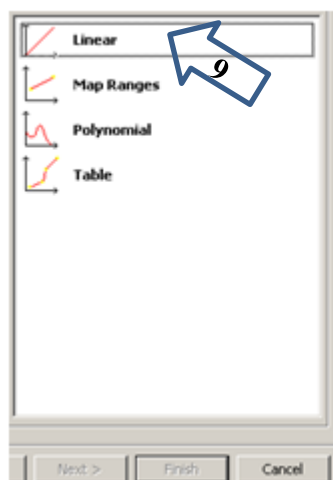
KUVA 5.3.

4. Valitaan lämpötilan mittauskanavaksi tulon ai0. klikkaamalla ai0 ja Finish. Kuva 5.3. Avautuu uusi ikkuna, kuva 5.4.

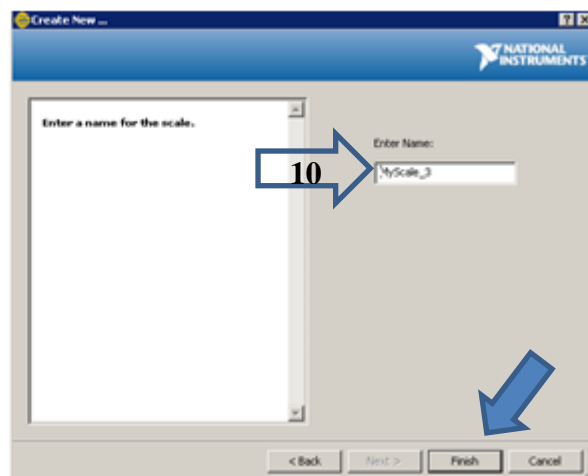


KUVA 5.4.

5. Valitaan näytön minimi ja maksimi. Koska tulo signaali täytyy skaalata, valitaan lähettimen mukaisesti lämpötilan minimiksi 0 ja maksimiksi 50.
6. Tarkistetaan, että valinta on volteissa (Volts).
7. Valitaan mittauksen taajuus. Valitaan 1kHz.
8. Valitaan Create New. Avautuu alaikkuna. Kuva 5.5

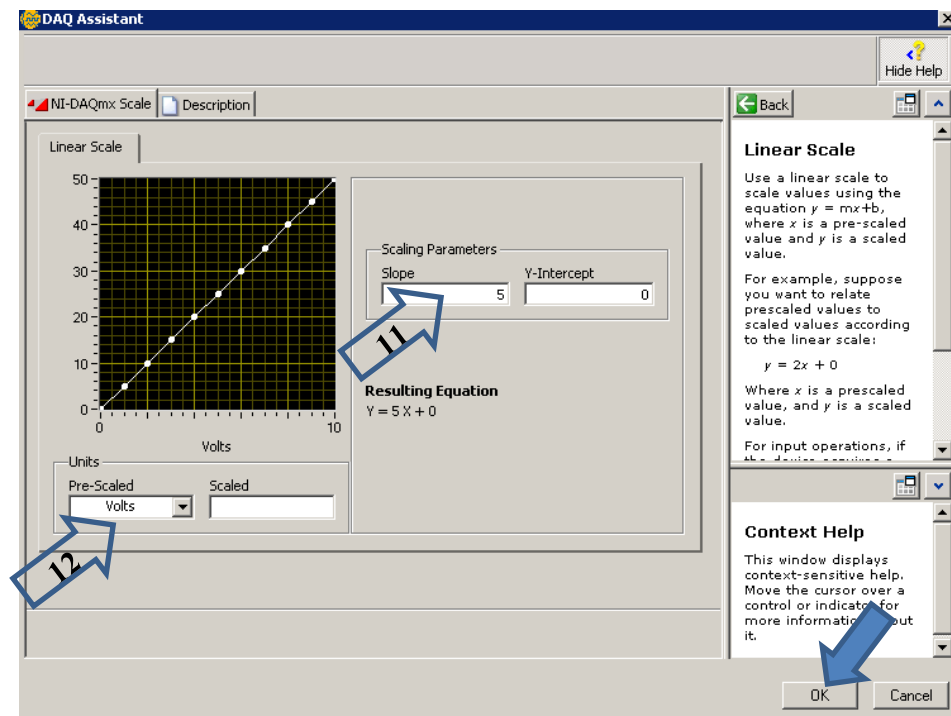


KUVA 5.5



KUVA 5.6

9. Valitaan lineaarinen mittaus (Linear). Avautuu ikkuna. Kuva 5.6.
10. Kirjoitamme mittauksen nimen, lämpötila (nimen antaminen ei ole välttämättä) ja painamme Finis. Avautuu skaalausikkuna, kuva 5.7

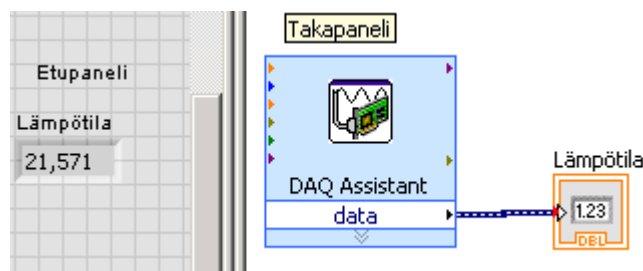


KUVA 5.7

11. Skaalaukseen voimme laittaa kertoimen. Tarvittavan pluslaskun tai vähennyslaskun, kerrotusta luvusta ( $Y = 1X + 0$ ). Y on mitattu signaali, jota kerto- ja vähennys- tai pluslaskulla muokataan. Laitetaan kertoimeksi aiemmin kohdassa 5.1 laskettu lämpötilakerroin 5.
12. Tarkistetaan vielä, että Pre-Scaled valikossa valintana on voltti (Volts) ja suljetaan alakkuna painamalla OK. Seuraavassa ikkunassa OK
13. Valitaan etupaneeliin ikoneista Numeric Indicator. Johdotetaan takapaneelissa se, DAQ Assistant lähdöstä data. Ohjelma on valmis. Käynnistetään mittaus



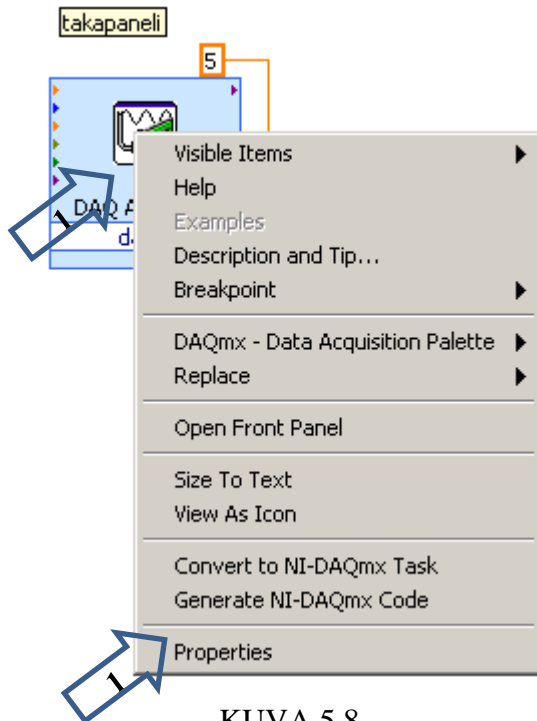
kuva 5.8



KUVA 5.8

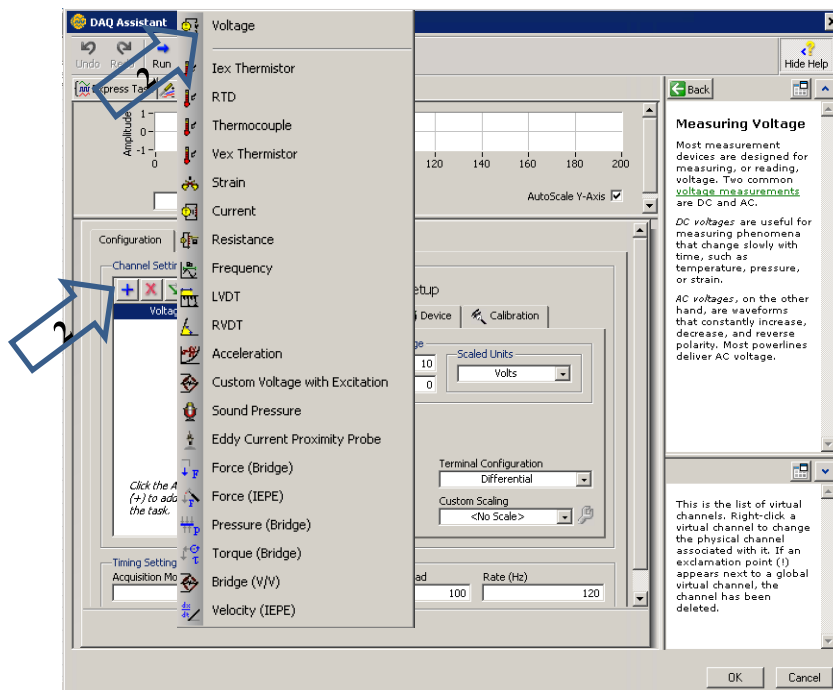
## 5.5 CO 2 mittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto

Jatketaan ohjelman tekoa edellisen ohjelman perään. Kuva 5.8




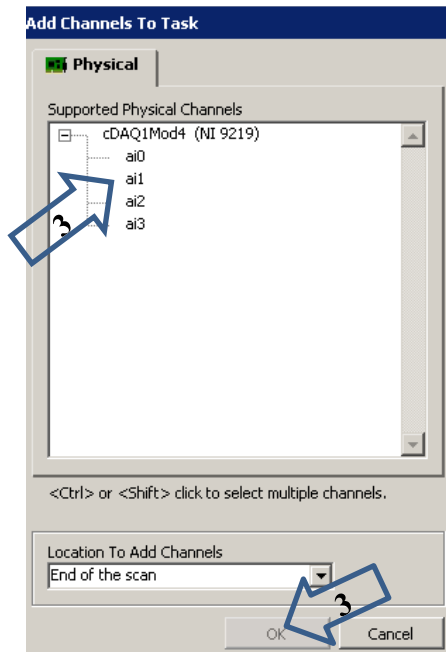
KUVA 5.8

1. Klikataan DAQ -ikonia hiiren kakkospainikkeella ja valitaan Properties. Avautuu valintaikkuna, kuva 5.9



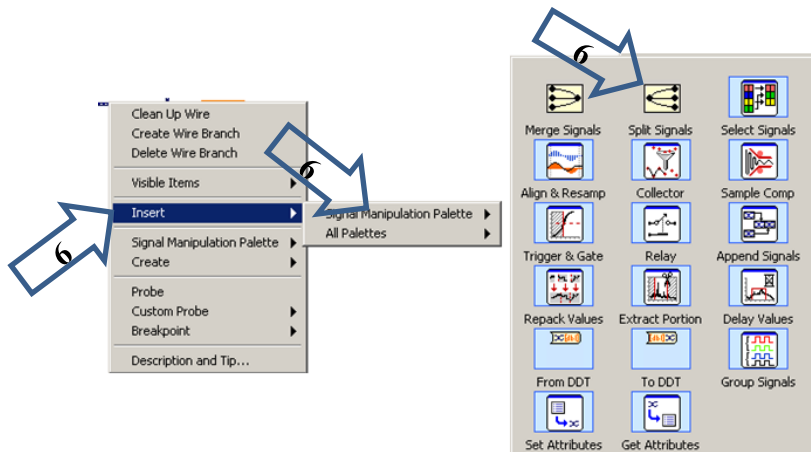
KUVA 5.9

2. Lisätään uusi mittauskanava painamalla  ja esille tulleesta valikosta valitaan Voltage. Avautuu alaikkuna. Kuva 5.10






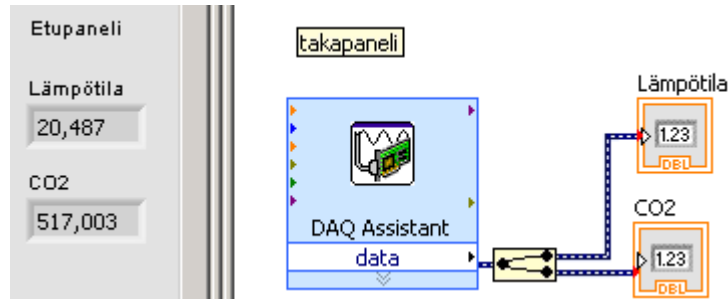
KUVA 5.10

3. Valitaan CO<sub>2</sub> mittauksen kanavaksi ai1 ja painetaan OK. Avautuu valintaikkuna, aikaisempi kuva 5.4.
4. Tehdään ikkunaan edellisen kohdan toimenpiteet 5-12. Kohtaan 5 valitaan minimiksi 0 ja maksimiksi 2000. Kohtaan 10 nimeksi laitetaan CO<sub>2</sub>.
5. Valitaan etupaneeliin ikoneista Numeric Indicator. Nimetään se CO<sub>2</sub>.
6. Jaetaan DAQ datalinja kahteen osaan klikkaamalla datajohtoa hiiren kakkospainikkeella. Valitaan Insert, Signal Manipulation Palette ja Split Signals. Kuva 5.11



KUVA 5.11

7. Avautunut linja  jaetaan kahdeksi vetämällä hiiren osoittimella 
8. Johdotetaan CO2 Numeric Indicator. Ohjelma on valmis. Käynnistetään mittaus  . Kuva 5.12



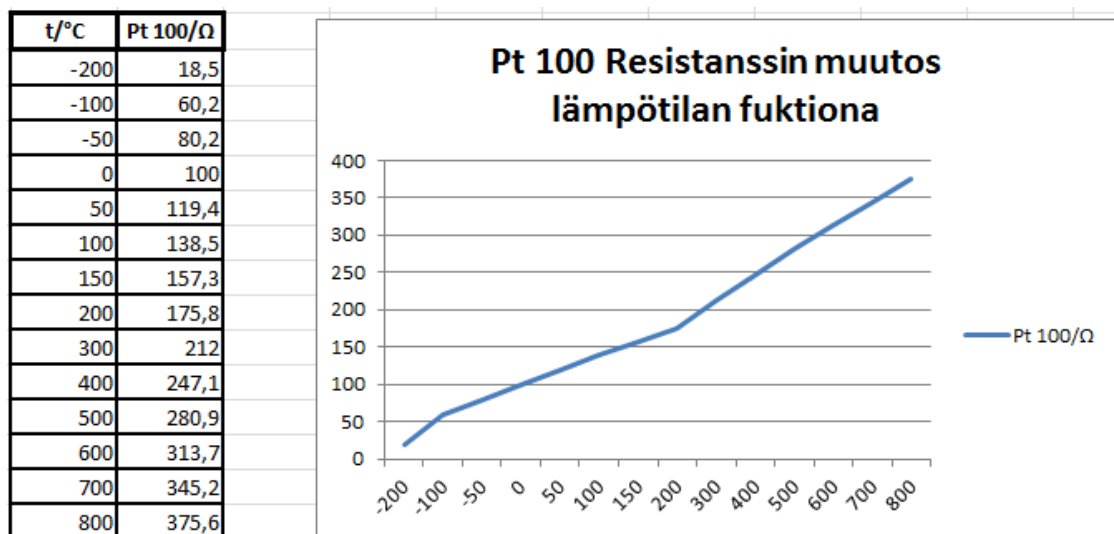
Kuva 5.12

## 6 PT 100 ANTURI

Pt 100 anturin toiminta perustuu resistanssin muutokseen lämpötilan muuttuessa. Anturin resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa, josta nimitys PTC-termistori (Positive Temperature Coefficient). Anturin materiaalina käytetään platinaa, jonka resistanssi 0 °C lämpötilassa on 100Ω, josta nimitys Pt 100-anturi. Anturin resistanssin muutos on lähes lineaarinen. /6, s. 44 – 46./

Resistanssin muutoksesta on laadittu taulukko. Taulukko 6.1 /6, s. 46./

TAULUKKO 6.1 Pt 100 Resistanssin muutos lämpötilan fuktiona /6, s. 46./



Laskemalla voidaan havaita, että resistanssin muutos Pt 100-antirissa on  $0,385\Omega/1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vastaavasti käytettäessä Pt 1000-anturia, jonka resistanssi on  $1000\Omega$  lämpötilassa  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  astetta. Resistanssin muutos on  $3,85\Omega/1\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Lämpötilan muutoksen laskennassa voidaan käyttää myös korjauskertoimia A, B ja C. Brittiläinen fyysikko Hugh Longbourne Callendar löysi yhtälön, jonka perusteella kertoimet (Callendar-Van Dusen kertoimet) on annettu. Kaava 6.1 /4./

Välillä  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  yhtälö on

$$R_t = R_0[1 + A \cdot t + B \cdot t^2 + (t - 100)C \cdot t^3] \quad (6.1)$$

Jossa  $R_t$  on resistanssi lämpötilassa  $t$ ,  $R_0$  on resistanssi lämpötilassa nolla  $^{\circ}\text{C}$ , sekä vakiot  $A = 3,908 \times 10^{-3}$ ,  $B = -5,775 \times 10^{-7}$  ja  $C = -4,183 \times 10^{-12}$  /4/.

Anturit luokitellaan tarkkuuden mukaan A, B, C, 1/3 DIN ja 1/10 DIN luokkiin. Luokka A on tarkin, tarkkuus on  $\pm 0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$  /7/.

Anturin mittausalue voi olla  $-200$ - $+850\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Anturin mittausalue valitaan yleisesti tarpeen mukaan /6, s. 46/.

Pt-100 anturia käytetään yleisesti LVI-tekniikan mittauksissa ilman ja veden lämpötilan mittaukseen.

## 6.1 Työssä käytetty Pt 100 anturi

Mittauksessa käytän seuraavanlaista Pt 100 anturia. Kuva 6.2

		<b>Tekniset tiedot</b>	
<b>Tuoteryhmän kuvaus</b> PTC-lämpötila-anturit joissa lineaarinen tunnuskuvaaja 2 rakennekokoja: Vakiokoko ja pienoiskoko Normitetut nimellisarvot ja toleranssit DIN EN 60751 mukaan Lyhyt vasteaika		Mittausalue	$-70...+400\text{ }^{\circ}\text{C}$
		Tarkkuus	Luokka A
		Anturityyppi	PT100
		Versio	Pt100
		Rakennekoko	Standardi
		Liitäntäjohtimen pituus	10 mm
		Mitat P x L x K	10 x 2,0 x 1,3 mm

KUVA 6.2 Työssä käytetty Pt 100 anturi /3/.



Pt 100 anturin korjauskertoimet  $A = 3,908 \times 10^{-3}$ ,  $B = -5,775 \times 10^{-7}$  ja  $C = -4,183 \times 10^{-12}$ .  
Vastusarvo  $R_0$  0 °C on 100Ω. /4/.

Yleisimmät platina-anturien tyypit ja standartit, joita tuetaan National Instruments -  
ajuriohjelmassa NI-DAQmx:ssa. Kuva 6.1.

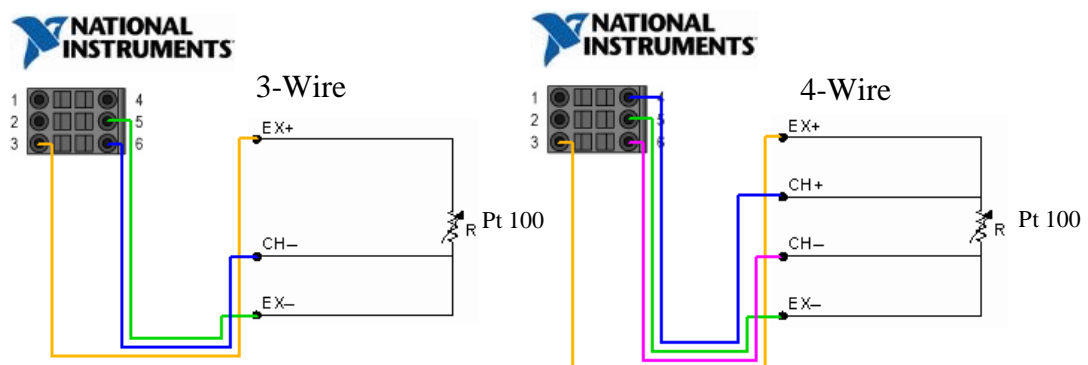
Näiden antureiden Callendar-Van Dusen korjauskertoimet on ohjelmoitu valmiiksi /2/.

Standards	Material	TCR	Typical $R_0$ (Ω)	Callendar-Van Dusen Coefficient	Notes
IEC-751 DIN 43760 BS 1904 ASTM-E1137 EN-60751 IEC-60751	Platinum	3851	100 Ω 1000 Ω	$A = 3,9083 \times 10^{-3}$ $B = -5,775 \times 10^{-7}$ $C = -4,183 \times 10^{-12}$	Most common RTDs
Low-cost vendor compliant RTD <sup>1</sup>	Platinum	3750	1000 Ω	$A = 3,81 \times 10^{-3}$ $B = -6,02 \times 10^{-7}$ $C = -6,0 \times 10^{-12}$	Low-cost RTD
JISC 1604	Platinum	3916	100 Ω	$A = 3,9739 \times 10^{-3}$ $B = -5,870 \times 10^{-7}$ $C = -4,4 \times 10^{-12}$	Used primarily in Japan
US Industrial Standard D-100 American	Platinum	3920	100 Ω	$A = 3,9787 \times 10^{-3}$ $B = -5,8686 \times 10^{-7}$ $C = -4,167 \times 10^{-12}$	Low-cost RTD
US Industrial Standard American	Platinum	3911	100 Ω	$A = 3,9692 \times 10^{-3}$ $B = -5,8495 \times 10^{-7}$ $C = -4,233 \times 10^{-12}$	Low-cost RTD
ITS-90	Platinum	3928	100 Ω	$A = 3,9888 \times 10^{-3}$ $B = -5,915 \times 10^{-7}$ $C = -3,85 \times 10^{-12}$	The definition of temperature

KUVA 6.1 National Instruments ohjelmistolla tuetut anturistandardit /2/.

## 6.2 Pt 100 anturin kytkentä moduuliin

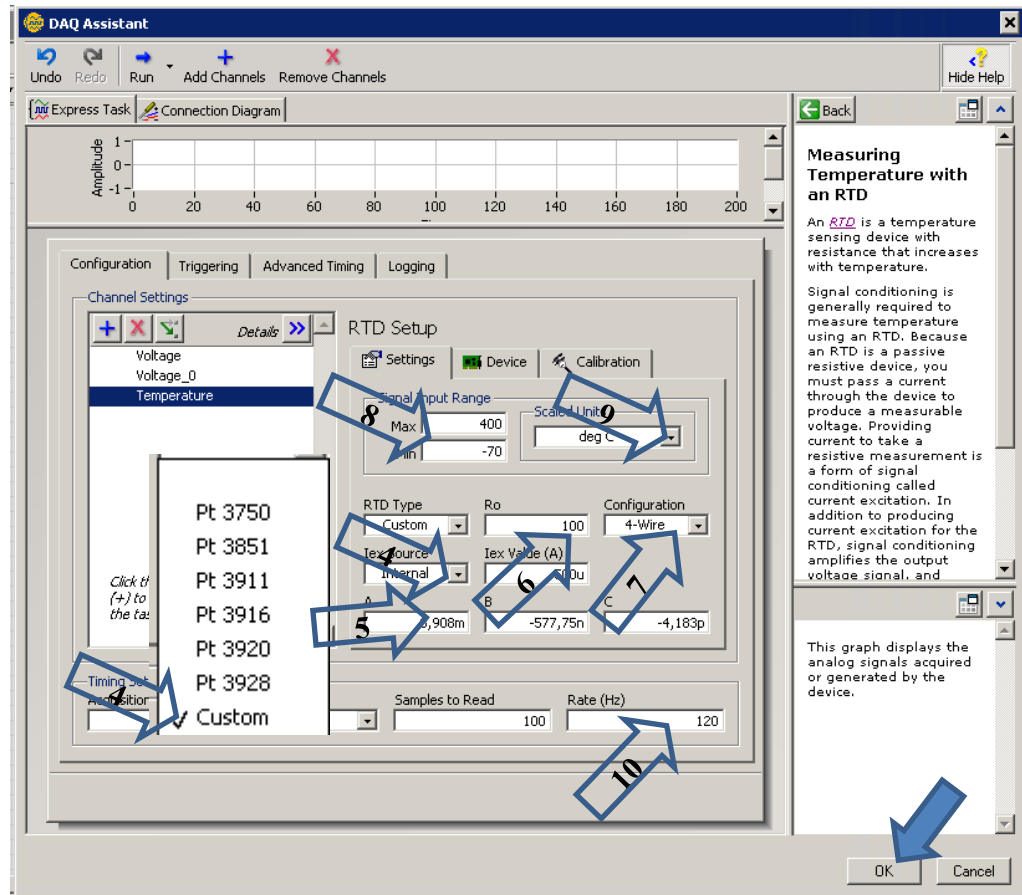
Anturi voidaan kytkeä moduuliin kahdella eri kytkennällä, 3-Wire ja 4-Wire. Käytän  
4-Wire (4-johdon) kytkentää, koska se eliminoi molempien mittajohtojen vaikutuksen  
resistanssiin. Kytkentä kuva 6.3



KUVA 6.3 Pt 100 anturin kytkennät




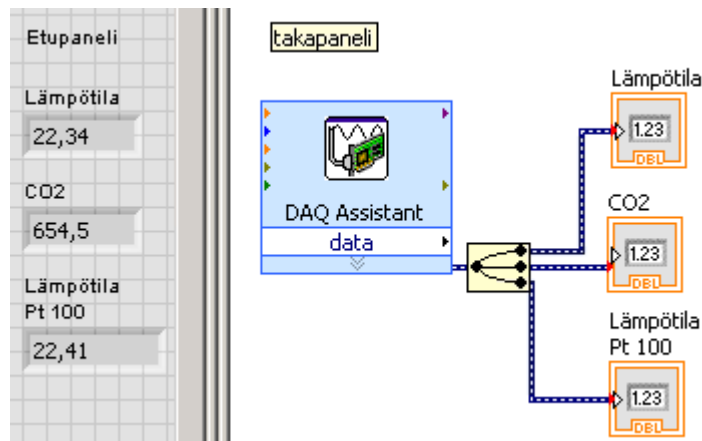
2. Valitaan mittaukseksi RTD.
3. Avautuvassa ikkunassa valitaan mittauskanavaksi ai2 ja painan OK. Avautuu kuva 6.7



KUVA 6.7

4. Valitaan RTD Type -valikosta anturin tyyppi. Valikossa on kuvan 6.1 anturityyppien valinta, joissa on jo valmiina korjauskertoimet. Voidaan myös valita Custom, silloin täytyy itse laittaa korjauskertoimet A, B ja C. Valitsen Custom. Voisin valita myös Pt 3851, koska siinä on samat korjauskertoimet kuin Pt 100 anturissa.
5. Kirjoitetaan Pt 100 anturin korjaus kertoimet  $A = 3,908 \times 10^{-3}$ ,  $B = -5,775 \times 10^{-7}$  ja  $C = -4,183 \times 10^{-12}$ .
6. Valitaan vastusarvo  $R_0$  0 °C on 100Ω.
7. Valitaan kytkentä 4-Wire.
8. Valitaan minimiksi -70 ja maksimi 400. Skaalausta ei tarvita, koska se on hoidettu ohjelmallisesti.
9. Valitaan asteikoksi celsius deg C.
10. Valitaan taajuudeksi 1kHz ja painetaan OK.

11. Valitaan Numeric Indicator, nimetään se. Tehdään datalinjaan kolmas haara, ja johdotetaan Numeric Indicatorin. Käynnistetään mittaus  . Kuva 6.8



KUVA 6.8

## 7 TERMOPARI

Termoelementin toiminta perustuu kahden erilaisen lankamateriaalin välille syntyvään potentiaalieroon. Virolainen fyysikko Thomas Seebeck keksi ilmiön vuonna 1822. Ilmiötä kutsutaan Seebeckin ilmiöksi. Potentiaaliero on verrannollinen kuuman pään ja vertailupisteen kylmänpään lämpötilaeroon. Kuumapää on mittauspiste ja kylmäpää on kytkentäpiste. Syntyvä potentiaaliero riippuu lankamateriaaleista ja on suuruudeltaan  $10 \dots 100 \mu\text{V/K}$  /8, s. 87;11./ Kuva 7.1



KUVA 7.1 Termopari

Termoelementtiä käytetään varsinkin yli  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  lämpötilamittauksissa. Korkeissa lämpötiloissa sen käyttö on yleisempää kuin esimerkiksi Pt 100 tyyppisten vastusantureiden. /6, s. 47./

Termopari on yleisesti hinnaltaan edullisempi vastusanturia, johtuen sen yksinkertaisemmasta rakenteesta. Termopari toimii myös laajemmalla lämpötila-alueella. Halvin termoparityyppi on K, NiCr- Ni (Nikkeli Kromi- Nikkeli). Tarkkuusmittauksissa käytetään yleensä Pt-PtRh paria (Platina- Platina Rhodium), joka on hinnaltaan huomattavasti kalliimpi. Yleisin käytetty pari on NiCr-Ni (Nikkeli Kromi- Nikkeli). Kyseisen termoelementin tyyppimerkintä on K. /6, s. 48; 8, s. 88./

Termoparit on jaettu käytetyn materiaalien mukaan joko perusmetalli- ja jalometallelementteihin. Termoelementtityypit taulukossa 7.1 /6, s. 48/

TAULUKKO 7.1 Termoelementtityypit /6, s. 48/

Perusmetallit				
Tunnuskirjain	Lankamateriaali +	Lankamateriaali -	Standardi	Lämpötila-alue °C
T	Cu	CuNi	IEC 584	-270 – 400
J	Fe	CuNi	IEC 585	-270 – 1050
K	NiCr	Ni	IEC 586	-270 – 1370
E	NiCr	CuNi	IEC 587	-270 – 790
N	NiCrNi	NiSi	IEC 588	-270 – 1300
Jalometallit				
S	Pt10Rh	Pt	IEC 588	-50 – 1760
R	Pt13Rh	Pt	IEC 589	-50 – 1760
B	Pt30Rh	Pt6Rh	IEC 590	100 – 1700

Taulukon lyhenteet

Cu = Kupari, Ni = Nikkeli, Fe = Rauta Cr = Kromi, Si = Pii, Pt = Platina ja Rh = Rodium /5, s. 185/.

Esimerkiksi taulukosta 7.1 S-tyyppi Pt10Rh-Pt on Platina, 10% Rodium- Platina.

Termoelementti luokkien toleranssit IEC 60584-2:n mukaan taulukossa 7.2 /9,s. 3./

TAULUKKO 7.2 Termoelementtien toleranssit /9,s. 3./

Termoelementti	Luokka 1		Luokka 2	
	Lämpötila-alue °C	Toleranssit	Lämpötila-alue °C	Toleranssit
J Fe-CuNi	-40 ... +375 +375 ... +750	± 1.5 °C ± 0.4 % <sup>1)</sup>	-40 ... +333 +333 ... +750	± 2.5 °C ± 0.75 % <sup>1)</sup>
K NiCr-NiAl	-40 ... +375 +375 ... +1000	± 1.5 °C ± 0.4 % <sup>1)</sup>	-40 ... +333 +333 ... +1200	± 2.5 °C ± 0.75 % <sup>1)</sup>
N NiCrSi-NiSi	-40 ... +375 +375 ... +1000	± 1.5 °C ± 0.4 % <sup>1)</sup>	-40 ... +333 +333 ... +1200	± 2.5 °C ± 0.75 % <sup>1)</sup>
T Cu-CuNi	-40 ... +125 +125 ... +350	± 1.5 °C ± 0.4 % <sup>1)</sup>	-40 ... +133 +133 ... +350	± 1.0 °C ± 0.75 % <sup>1)</sup>
E NiCr-CuNi	-40 ... +375 +375 v +800	± 1.5 °C ± 0.4 % <sup>1)</sup>	-40 ... +333 +333 ... +900	± 2.5 °C ± 0.75 % <sup>1)</sup>
R Pt13Rh-Pt	0 ... +1100 +1100 v +1600	± 1.0 °C ± [1+0.003(t-1100)]°C	0 ... +600 +600 ... +1600	± 1.5 °C ± 0.25 % <sup>1)</sup>
S Pt10Rh-Pt	0 ... +1100 +1100 ... +1600	± 1.0 °C ± [1+0.003(t-1100)]°C	0 ... +600 +600 ... +1600	± 1.5 °C ± 0.25 % <sup>1)</sup>
B Pt30Rh-Pt6Rh	-	-	+600 ... +1700	± 0.25 % <sup>1)</sup>

1) Lämpötilalukemasta

Korkeissa lämpötiloissa on huomioitava termoelementin ikääntyminen. Ikääntymiseen vaikuttaa termoelementin mekaaninen rakenne. Anturin valinnassa on tärkeää oikea termoelementtityyppi, suojaputken materiaali ja mittaustlangan halkaisija. Termoelementiksi valitaan esimerkiksi K-tyyppi. Mittaustlangan halkaisijan ollessa 1mm, stabiilisuus on 1000 tuntia. Mittaustlangan halkaisija 3 mm, mittatarkkuus on vielä 5000 tunnin päästä sama. Lämpötilan ollessa jatkuvasti 1000–1400 °C, suositeltava valinta on S-tyyppi. S-tyyppi on hinnaltaan kalliimpi. S-tyypin langan halkaisijan paksuuden ollessa 0,35 mm, suositeltava lämpötila maksimi 1300 °C. Langan halkaisijan ollessa 0,5 mm, suositeltava lämpötila maksimi 1400 °C. Mataliin lämpötiloihin T-tyypin termoelementillä on hyvä stabiilisuus ja tarkkuus. /10./

Termoelementtiä käytettäessä, termoelementin johtimia ei saa jatkaa muulla materiaalilla (esim. kuparijohtimella). Termoelementti mittaa kuumaa ja kylmänpään lämpötilaeroa. Käytettäessä jatkomateriaalina muuta materiaalia ei lämpötilaero siirry mitta-laitteella asti vaan jää jatkoskohtaan. Tarvittaessa jatkaminen suoritettava kyseisen elementin materiaalilla./10./

## 7.1 Työssä käytetty termopari

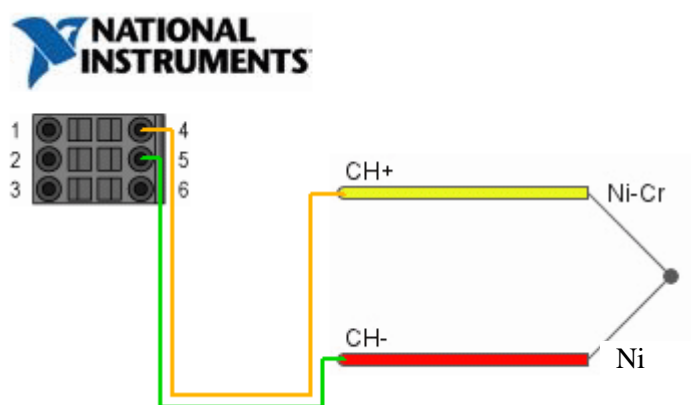
Työssä käytetty termopari on Ni-Cr/Ni, (Nikkeli-Kromi/Nikkeli), eli K-tyyppi. Kuva 7.1



KUVA 7.1 Työssä käytetty termopari

## 7.2 Termoparin kytkentä moduuliin


Kytkenässä on huomioitava, kumpi pareista kytketään + nastaan ja kumpi – nastaan. Väärinpäin kytkentä aiheuttaa mittausvirheen.

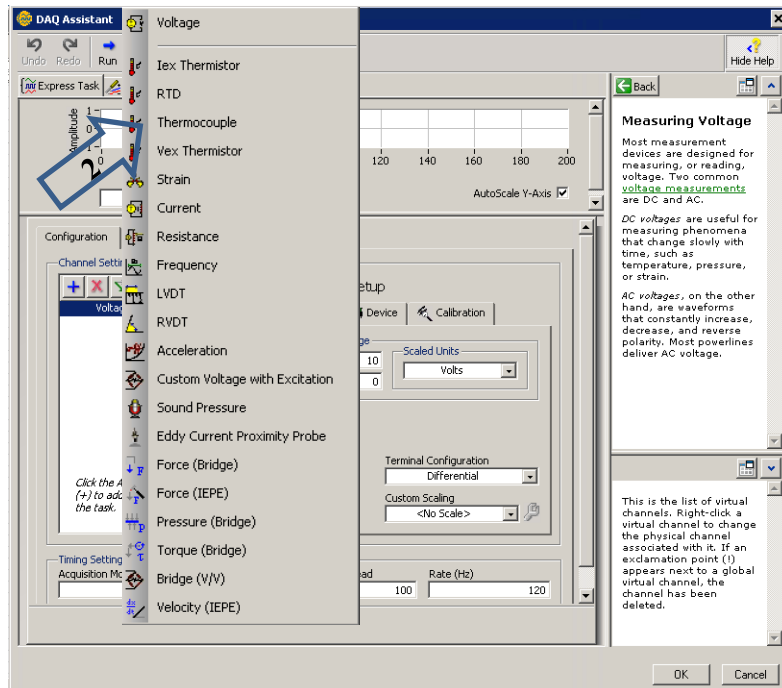


KUVA 7.2 Termoparin kytkentä

### 7.3 Termoparin ohjelmointi ja käyttöönotto

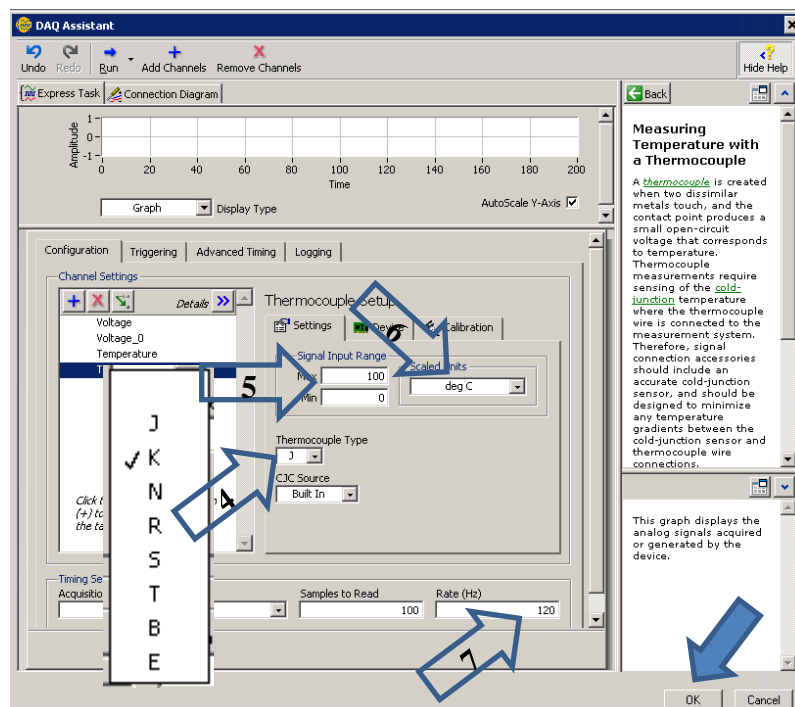
Jatketaan ohjelman tekoa edellisen ohjelman perään.

1. Klikataan DAQ ikonia hiiren kakkospainikkeella ja valitaan Properties. Lisätään uusi mittauskanava painamalla . Avautuu ikkuna kuva 7.3




KUVA 7.3

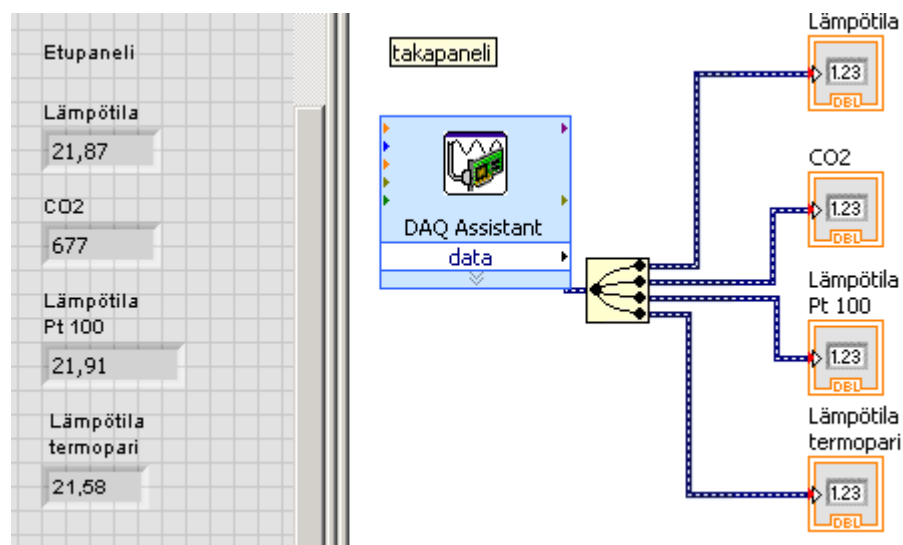
2. Valitaan mittaukseksi thermocouple.
3. Avautuvassa ikkunassa valitaan mittauskanavaksi ai3 ja painetaan OK. Avautuu kuva 7.4



KUVA 7.4



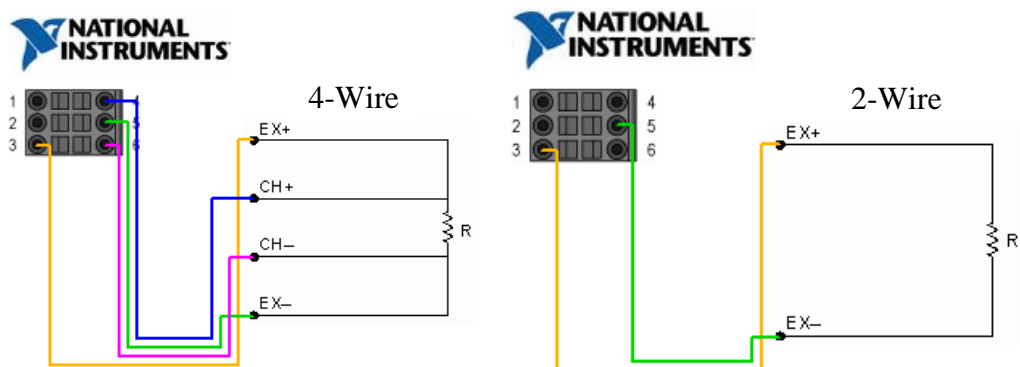
4. Valitaan Thermocouple Type -valikosta termoparin tyyppi. Valikossa on kuvan 7.1 termoparityyppien valinta, joissa on jo valmiina skaalaus. Valitaan tyypiksi K.
5. Asetetaan lämpötilan minimi -200 ja maksimi 1372.
6. Valitaan asteikoksi celsius C.
7. Valitaan taajuudeksi 1kHz. Painetaan OK.
8. Valitaan Numeric Indicator, nimetään se. Tehdään datalinjaan neljäs haara, ja johdotetaan Numeric Indicatorin. Käynnistetään mittaus  . Kuva 7.5



KUVA 7.5

## 8 RESISTANSSI

### 8.1 Resistanssin kytkentä moduuliin

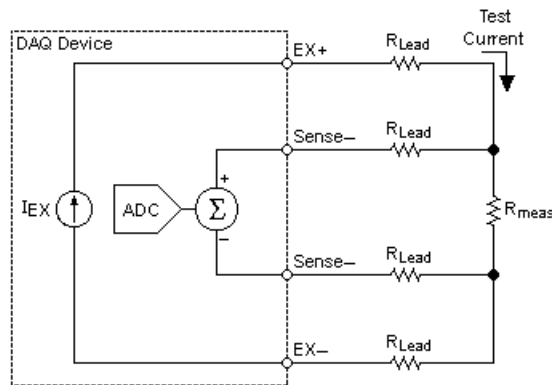


KUVA 8.1 Resistanssin kytkennät

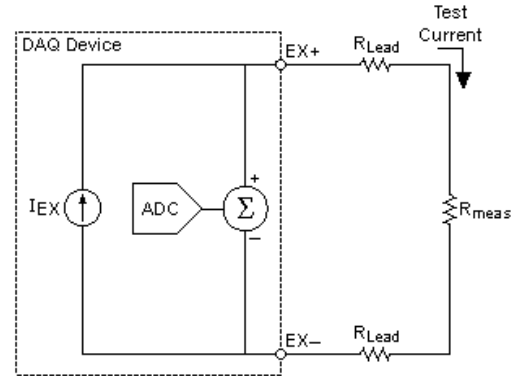
Neljän johdon kytkentä (4-Wire) eliminoi mittajohdoista ja kytkennöistä syntyvän resistanssin ja mittausvirhe pienenee. Kaksijohdin kytkennässä (2-Wire) mittajohtojen resistanssia ei eliminoida. Varsinkin mitattaessa pieniä vastuksia alle  $100\Omega$ , kytkennällä on merkitystä.

Neljän johdon kytkennässä ensimmäiseen johtopariin syötetään sähkövirta (Test Current) EX+ ja EX-. Toinen johtopari mittaa jännitteen vain vastuksen ( $R_{\text{meas}}$ ) yli. Siten 4-johdin vastuskytkentä eliminoi virheet, jotka syntyvät mittajohdosta ja kontaktiresistanssista, kuva 8.2.

Kahden johdon kytkennässä virta kulkee johtojen vastuksen läpi. Jännite mitataan johtimien ja vastuksen yli. Näin ei saada eliminointua mittajohtojen resistanssin vaikutusta mittaustulokseen, kuva 8.3.



KUVA 8.2 4-johdinkytkentä

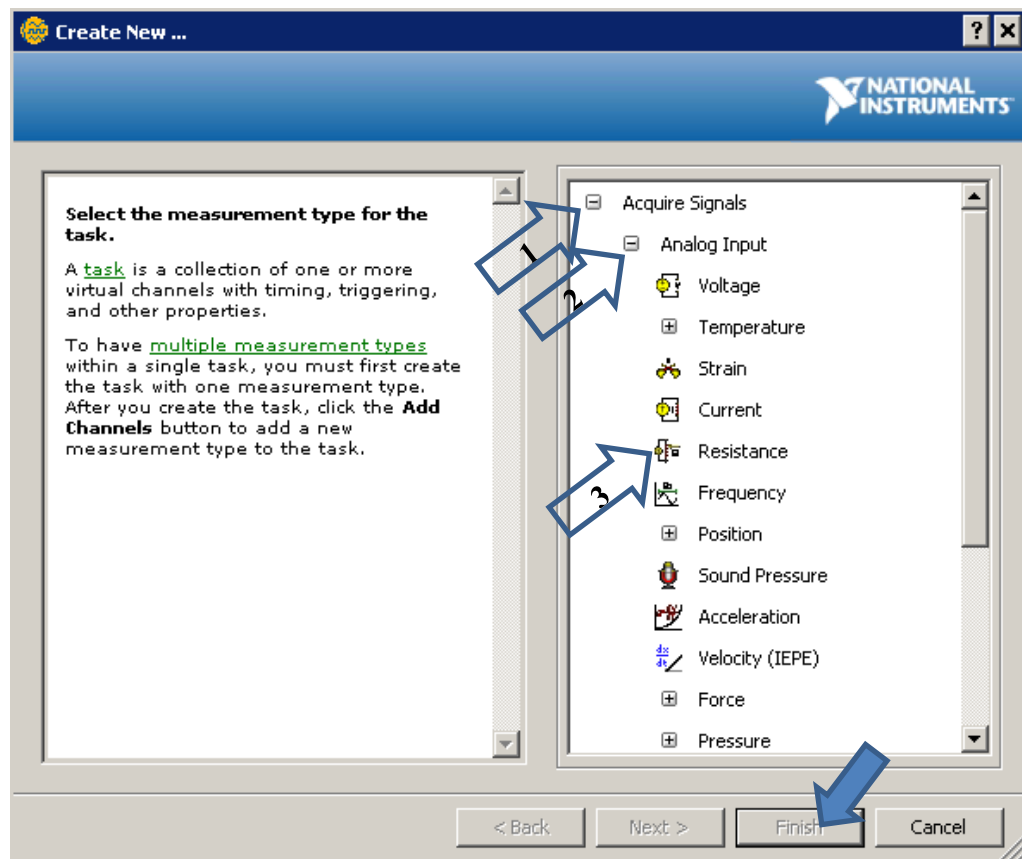


KUVA 8.3 2-johdinkytkentä

## 8.2 Resistanssin mittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto

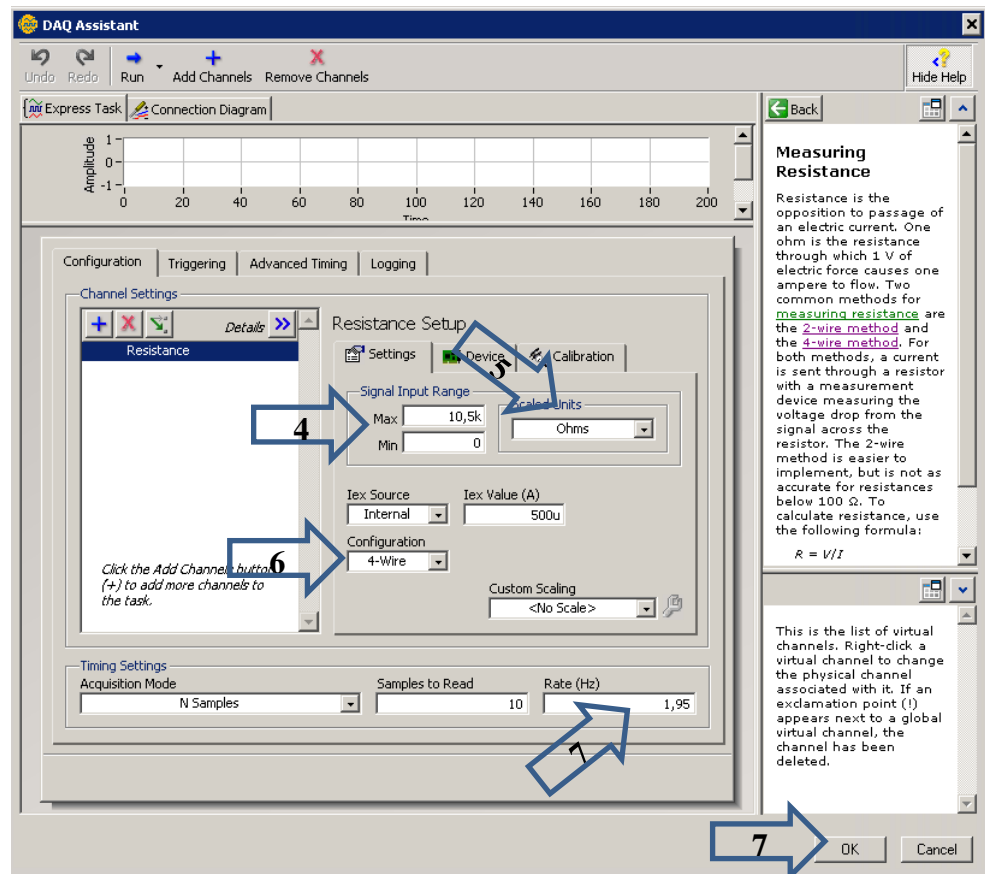
Valitsen resistanssin mittaustavaksi 4-Wire kytkennän.

Avataan uusi ohjelma ikkuna (New VI). Haetaan sinne DAQ Assistant kohdan neljä ohjeiden mukaan. Avautuu kuva 8.4



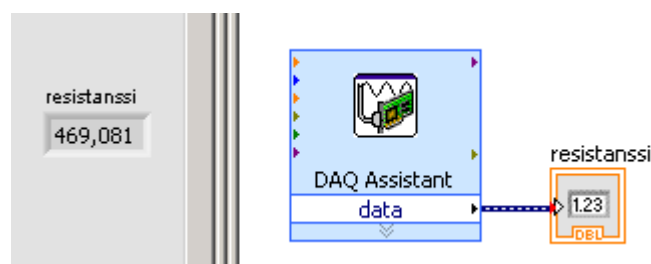
KUVA 8.4

1. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Acquire Signal.
2. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Analog Input.
3. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Resistance. Avautuu ikkuna, jossa valitaan ai0. Avautuu ikkuna kuva 8.5



KUVA8.5

4. Valitaan mittauksen minimi 0 ja maksimi 10,5 kΩ. Mittauksen maksimi on 10,5 kΩ. Vastuksen ollessa isompi näytössä näkyy kuitenkin vain 10,5 kΩ. Suurempien vastusten mittaaminen onnistuu kytkemällä vastukset rinnan ja tekemällä laskukaava laskuikonin sisään. Siitä myöhemmässä vaiheessa.
  5. Valitaan yksiköksi Ohms.
  6. Valitaan kytkentätapa 4-Wire.
  7. Valitaan taajuus 1kHz. Painetaan OK.
  8. Valitaan Numeric Indicator, nimetään se resistanssi. Johdotetaan Numeric Indicator DAQ Assistantin datalinjaan. Käynnistetään mittaus, kuva 8.6
- Moduuliin olen kytkenyt resistanssin, jonka resistanssi on noin 470Ω.



KUVA 8.6

### 8.2.1 Resistanssit rinnan ohjelmointi ja mittaus

Kun mitattavan resistanssin arvo on suurempi kuin 10,5 kΩ, voimme mitata resistanssin arvon kytkemällä pienempi resistanssi, jonka arvon tiedämme rinnan mitattavan kanssa. Tämä onnistuu käyttämällä rinnakkaisten resistanssien laskenta kaavaa 1. Ratkaisemme kaavasta resistanssin  $R_2$ . Kaava 8.1 /5,s121/

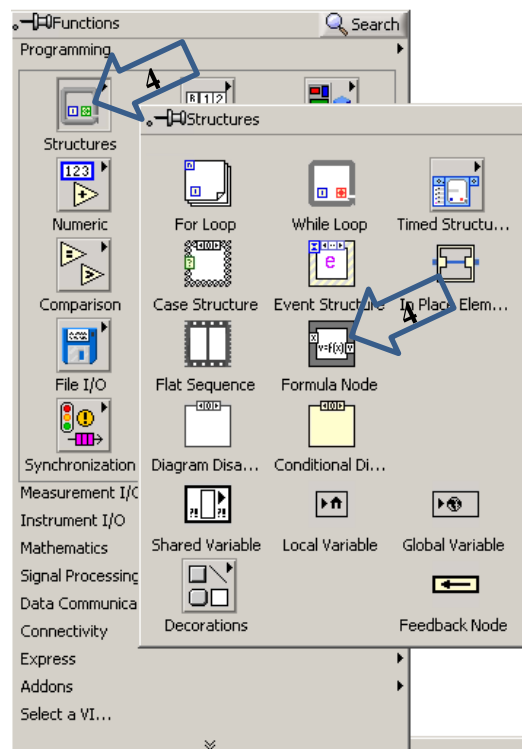
$$R_{\text{kok}} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} \qquad R_2 = \frac{R_1 * R_{\text{kok}}}{R_1 - R_{\text{kok}}} \qquad (8.1)$$

$R_{\text{kok}}$  on kokonaisresistanssi

$R_1$  on resistanssi 1, tunnetaan

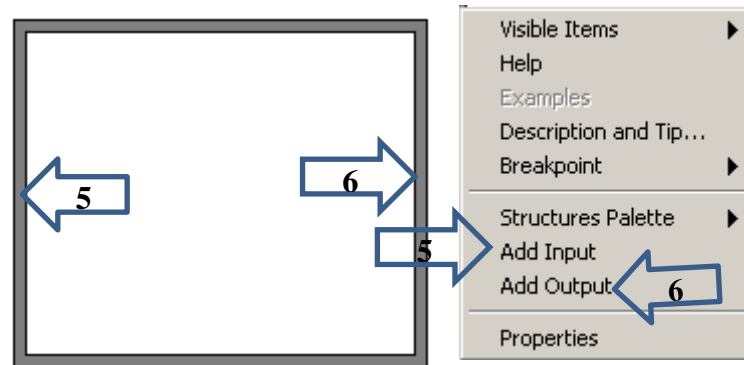
$R_2$  on resistanssi 2, ei tunneta

1. Valitsen resistanssin mittaustavaksi 4-Wire kytkennän. Tehdään edellisen kohdan toimenpiteet 1-7.
2. Valitaan Numeric Indicator, nimetään se  $R_{\text{kok}} = y$ . Johdotetaan Numeric Indicator DAQ Assistantin datalinjaan.
3. Klikataan hiiren kakkospainikkeella takapaneelissa, avautuu kuva 8.7.



KUVA 8.7

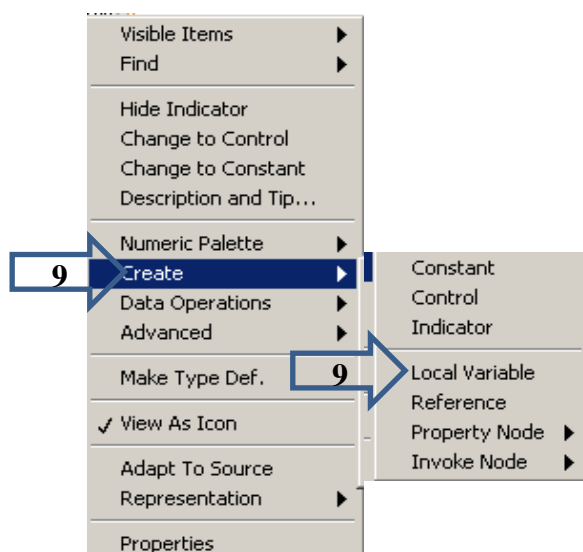
4. Valitaan Structures ja Fofmula Node. Avautuu takapaneeliin kehys, kuva 8.9



KUVA 8.9

5. Klikataan kehyksen vasenta laitaa hiiren kakkospainikkeella ja valitaan Add Input. Nimetään se tekstityökalulla y.
6. Klikataan kehyksen oikeaa laitaa hiiren kakkospainikkeella ja valitaan Add Output. Nimetään se tekstityökalulla x.
7. Tehdään laskukaava kehyksen sisään, jolla lasketaan tuntematon resistanssi  $R_2$ . Tunnettu rinnankytketty  $R_1$  resistanssi on  $469 \Omega$  ja y on kokonaisresistanssi. Tuntemato  $R_2$  on x. Kaava näkyy seuraavalla sivulla kuvassa 8.11  

$$x = \frac{469 \cdot y}{469 - y}$$
 kirjoitetaan kehyksen sisään tekstityökalulla  $x = (469 \cdot y) / (469 - y)$ ;
8. Klikataan  $R_{\text{kok}} = y$  ikonia hiiren kakkospainikkeella. Avautuu Kuva 8.10




KUVA 8.10

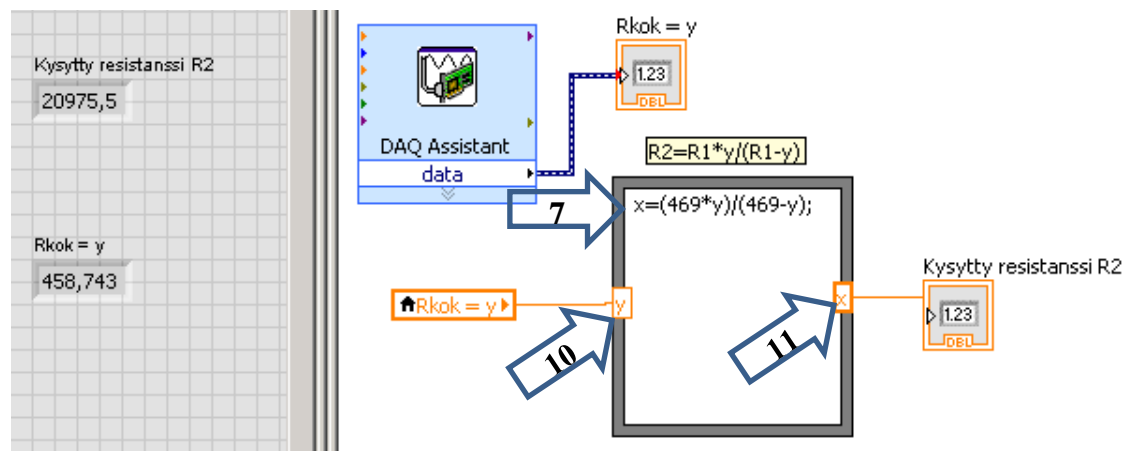
9. Valitaan hiiren kursorilla Create ja Local Variable. Avautuu ikoni,



jota klikataan hiiren kakkospainikkeella ja valitaan valikosta Change To Read.



10. Johdotetaan edellinen kehykseen kohtaan y.
11. Valitaan Numeric Indicator, nimetään se Kysytty resistanssi  $R_2$ . Johdotetaan Numeric Indicator kehykseen kohtaan x.
12. Käynnistetään mittaus . Näemme kohdassa Kysytty resistanssi  $R_2$ , vastuksen resistanssiarvon joka piti selvittää, kuva 8.11

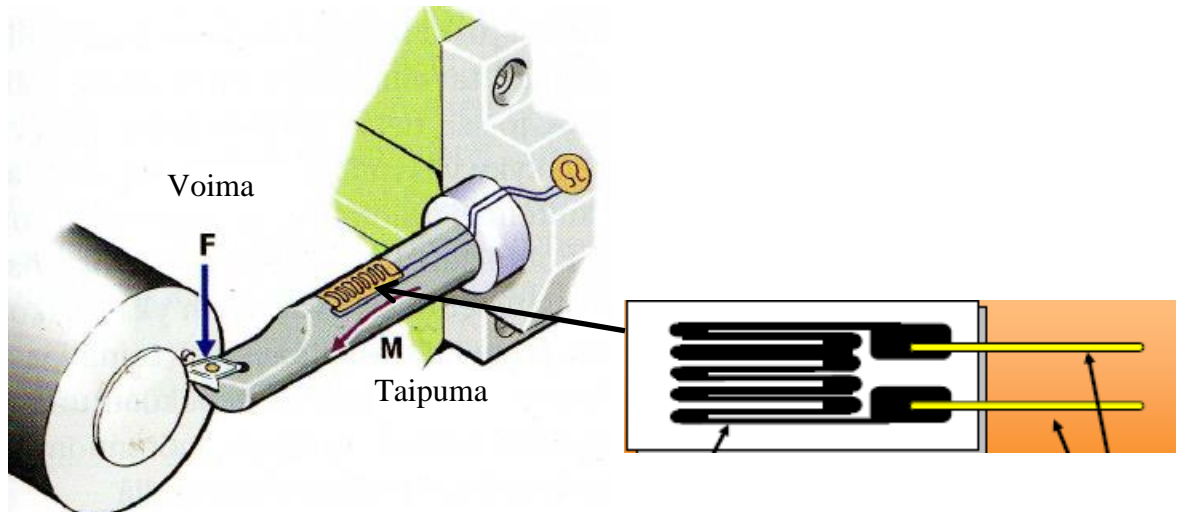


KUVA 8.11

## 9 VENYMÄLIUSKA

Venymäliuskaa käytetään esimerkiksi painon, lämpölaajenemisen, venymän, ja voiman mittaamiseen. Venymäliuska koostuu vastuksista, joiden resistanssi muuttuu puristettaessa tai venyttäessä. Vastuselementtinä toimii vastuslanka, metallikalvo tai puolijohde. Venymäliuskaa taivuttaessa sen vastusmateriaali puristuu tai venyy, jolloin resistanssiarvo muuttuu. Vastuslangan venyessä sen poikkipinta-ala pienenee ja näin ollen vastus kasvaa. /12, s. 205./

Terävoiman mittaus venymäliuskalla kuva 9.1 /12, s. 205/.



KUVA 9.1 Terävoiman mittaus venymäliuskalla

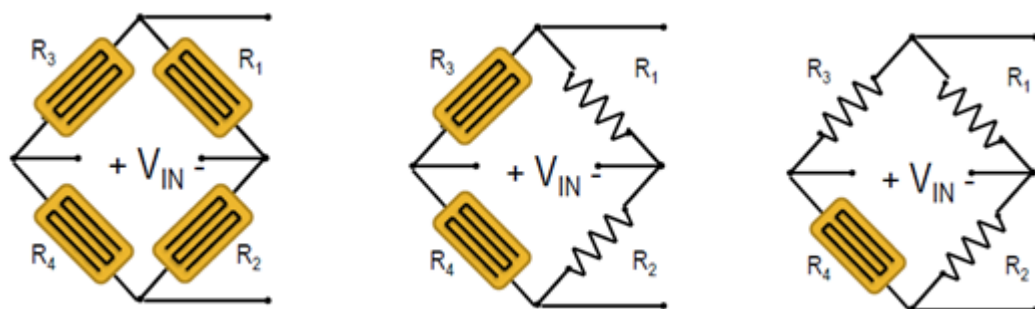
Venymäliuskoja valmistetaan yleisesti resistanssialueelle 120- 600 ohmia /12, s. 205/.

Venymäliuska kiinnitetään kohteeseen joustavalla komponenttiliimalla, joka samalla toimii eristeenä venymäliuskan ja kohteen välillä.

Mitattaessa venymäliuskalla luiska tai liuskat kytketään Wheatstonen siltaan. Kytken-  
tä malleja on kolme.

- Neljä aktiivista venymäliuskaa, liuskat R1, R2, R3 ja R4.
- Kaksi aktiivista venymäliuskaa, liuskat R3 ja R4.
- Yksi aktiivinen venymäliuska, liuska R4.

Wheatstonen siltakytkentä. Kuva 9.2



KUVA 9.2 Wheatstonen siltakytkennät

Kahden aktiivisen venymäliuskan kytkennässä voitaisiin toinen liuska korvata poten-  
tiometrillä. Potentiometrin säätöarvo valittaisiin viereisen venymäliuskan mukaan.  
Potentiometriä säätämällä voitaisiin silta tasapainottaa. Wheatstonen sillassa muut



resistanssit valitaan samansuuruisiksi kuin lepotilassa olevan venymäliuskan resistanssi.

## 9.1 Työssä käytetty venymäliuska

Minulla on käytössä venymäliuska, jossa on neljä noin  $120\Omega$  vastusta. Liuskaa taivuttaessa neljästä vastusarvosta kaksi suurenee ja kaksi pienenee. Kuva 9.1

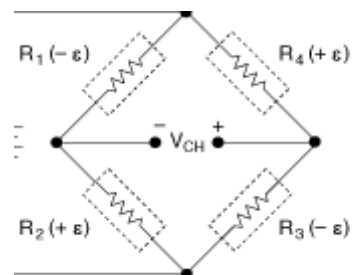
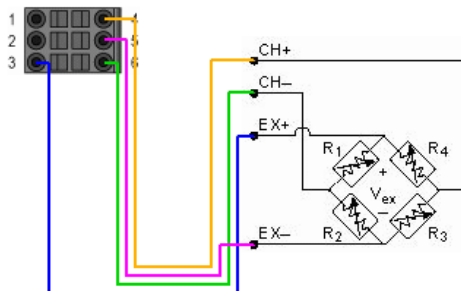


KUVA 9.1 Työssä käytetty venymäliuska

## 9.2 Venymäliuskan kytkentä moduuliin

Kytin liuskan NI 9219 moduuliin käyttäen kaikkia neljää aktiivista vastusta. Kuva 9.2

Kytkenässä pitää huomioida, että kahden vastuksen vastusarvo taivuttaessa pienenee ja kahden suurenee. Kuvassa 9.3 on merkitty + merkillä vastukset, joiden arvo kasvaa ja – merkillä vastukset, joiden arvo pienenee.

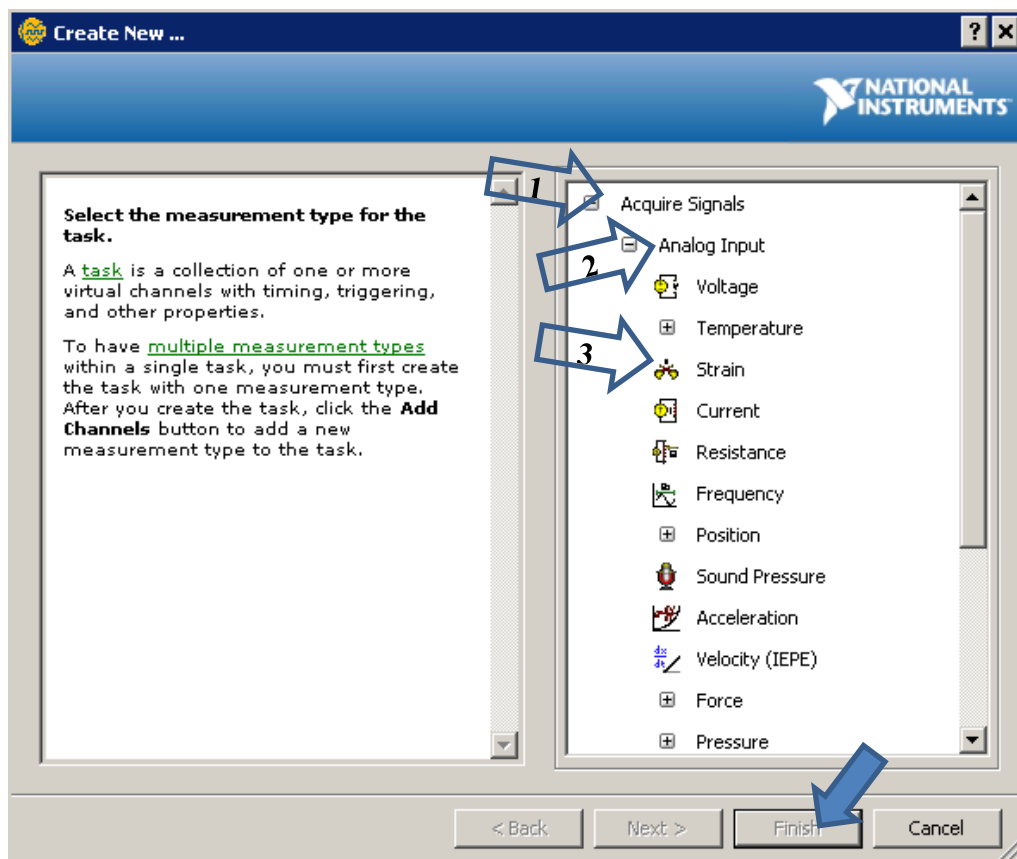


KUVA 9.2 Venymäliuskan kytkentä KUVA 9.3

### 9.3 Venymäliuskamittauksen ohjelmointi ja käyttöönotto

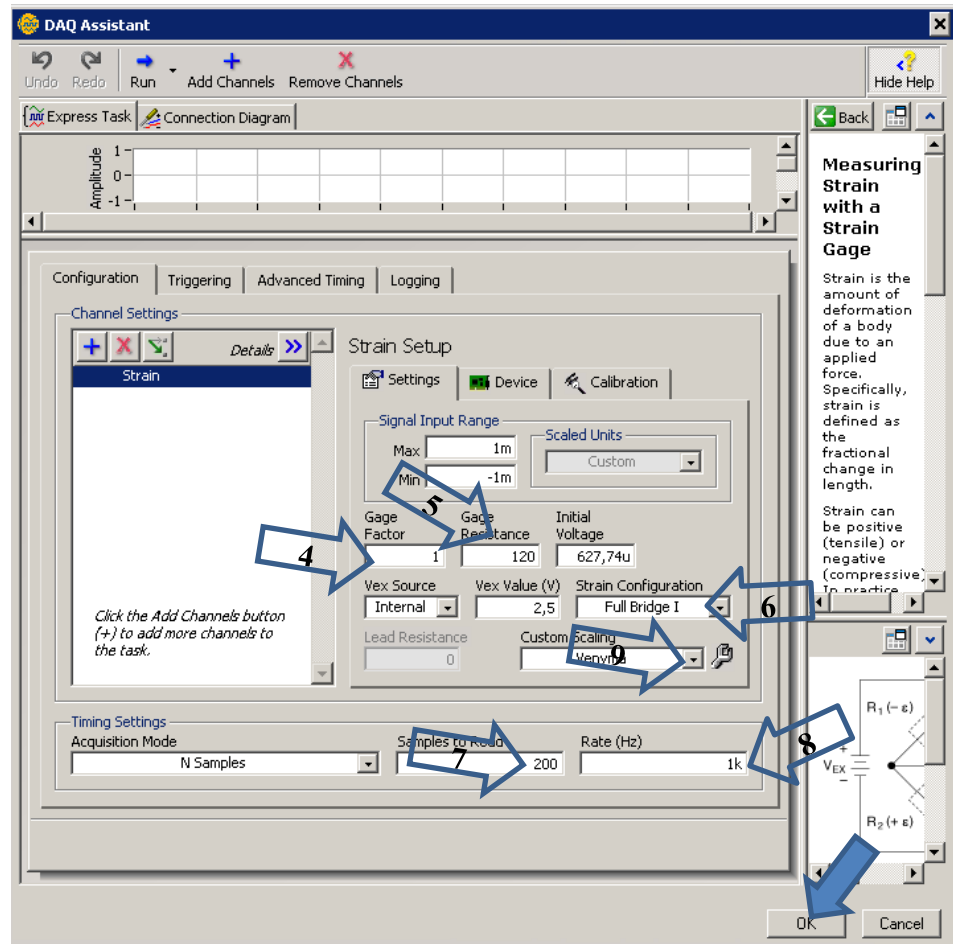
Mittaan venymäliuskalla painoa, valitsen venymämittaustavaksi Strain.

Avataan uusi ohjelma ikkuna (New VI). Haetaan sinne DAQ Assistant kohden neljä ohjeiden mukaan. Avautuu kuva 9.4



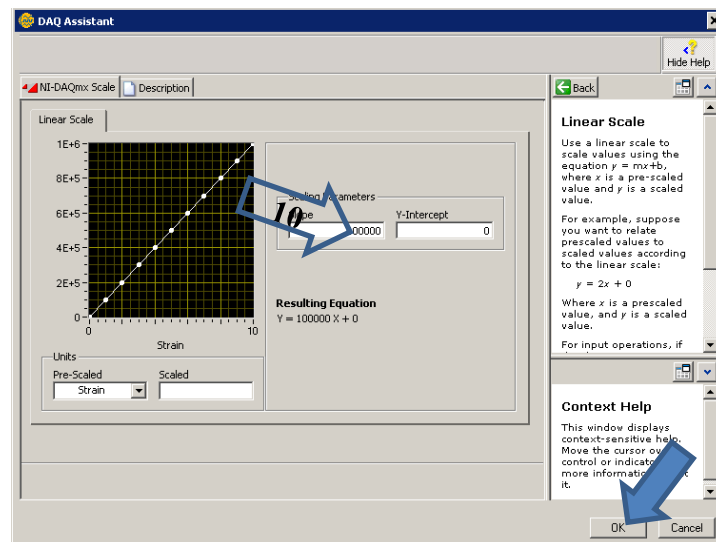
KUVA 9.4

1. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Acquire Signal.
2. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Analog Input.
3. Valitaan hiiren ykköspainikkeella Strain. Avautuu ikkuna, jossa valitaan ai0. Avautuu ikkuna kuva 9.5




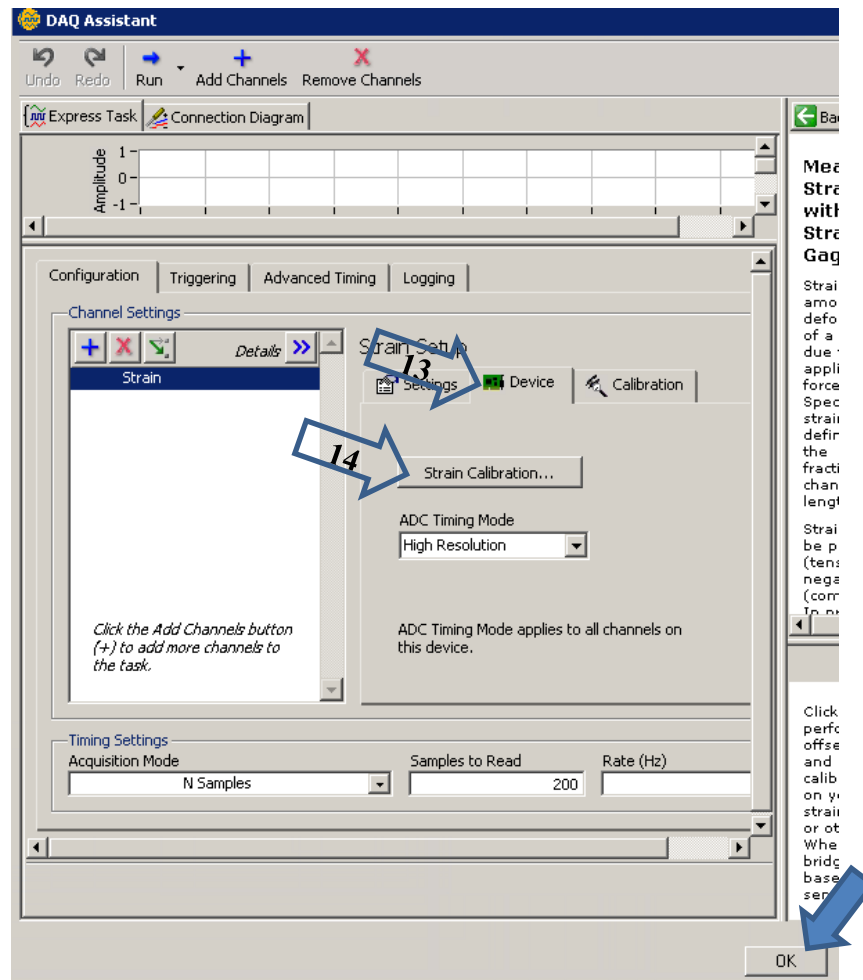
KUVA 9.5

4. Valitaan kohtaan Gage Factor 1.
5. Valitaan Gage Resistance kohtaan venymäliuskan resistassi 120Ω.
6. Valitaan Strain Configuration kohtaan, neljän muuttuvan vastusarvon kyt-  
kentä Full Bridge I.
7. Valitaan mittauksia Samples to Read 200.
8. Valitaan Rate (Hz) 1kHz.
9. Valitaan Create New, avautuvassa ikkunassa valitaan Linear, nimetään  
skaalaus nimellä venymä ja painetaan Finis. Avautuu skaalaus ikkuna. ku-  
va 9.6



KUVA 9.6

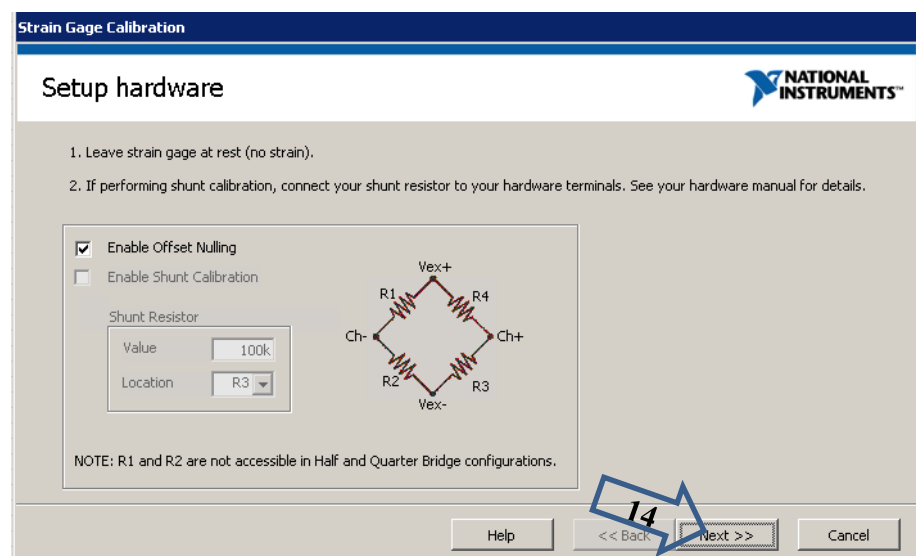
10. Skaalauskerroimeksi laitetaan 100000, koska tässä tapauksessa olen tehnyt vaa'an joka mittaa grammoina ja tuleva signaali on mikrovoltteja. Painetaan OK ja pääikkunassa kuva 9.5 OK.
11. Valitaan Numeric Indicator, nimetään se paino g. Johdotetaan Numeric Indicator DAQ data lähdöstä. Käynnistetään mittaus .  
Huomaan, että minun mittauksessa paino g näyttää -126E-6. Tämä johtuu siitä, etteivät venymäliuskojen resistanssit ole aivan samat. Tämän vuoksi suoritamme venymäliuskasillalle kalibroinnin.
12. Klikataan DAQ ikonia hiiren kakkospainikkeella ja valitaan Properties. Avautuu kuva 9.10



KUVA 9.10

13. Valitaan Device

14. Valitaan Strain Calibration. Avautuu kuva 9.11



KUVA 9.11

15. Valitaan Next. Odotetaan, kun ohjelmisto hakee kalibrointitiedot. Kuva 9.12

Strain Gage Calibration

Measure and Calibrate

NATIONAL INSTRUMENTS™

Channel Information		Offset Adjustment		Gain Adjustment (with shunt)			
Name	Phys. Channel	Meas. Strain	Err %	Sim. Strain	Meas. Strain	Gain Adj. Val.	Err %
Strain	cDAQ1Mod4/ai3	-126,789E-6	6,34	n/a	n/a	n/a	n/a

Measure Reset Data Calibrate

Help << Back Finish Cancel

KUVA 9.12

16. Huomaan, että virhettä on 6,34 %. Valitaan Calibrate. Avautuu ikkuna kuva 9.13

Strain Gage Calibration

Measure and Calibrate

NATIONAL INSTRUMENTS™

Channel Information		Offset Adjustment		Gain Adjustment (with shunt)			
Name	Phys. Channel	Meas. Strain	Err %	Sim. Strain	Meas. Strain	Gain Adj. Val.	Err %
Strain	cDAQ1Mod4/ai3	32,13E-6	0,00	n/a	n/a	n/a	n/a

Calibration successful

Measure Reset Data Calibrate


Help << Back Finish Cancel

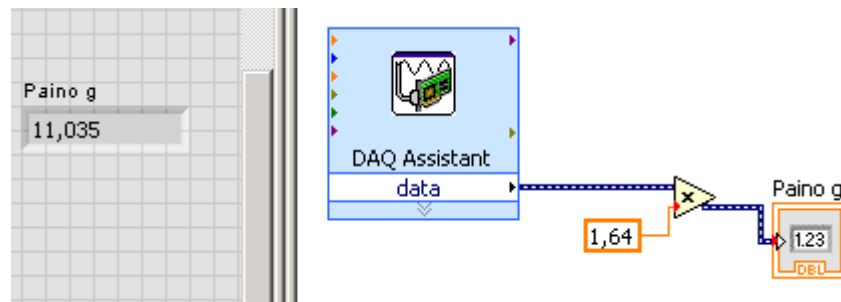
KUVA 9.13

17. Virhe on nyt 0,00 %. Suljetaan ikkuna painamalla Finish. Suljetaan myös pääikkuna painamalla OK. Kuva 9.10. Käynnistetään ohjelma, vaaka näyttää nyt lähes nollaa grammaa (-0,024 g).
18. Omassa työssäni asetan vaakaan noin 11 gramman painon ja vaaka näyttää 6,707 grammaa. Tästä lasken korjauskertoimen.

$$\frac{11}{6,707} = 1,64$$

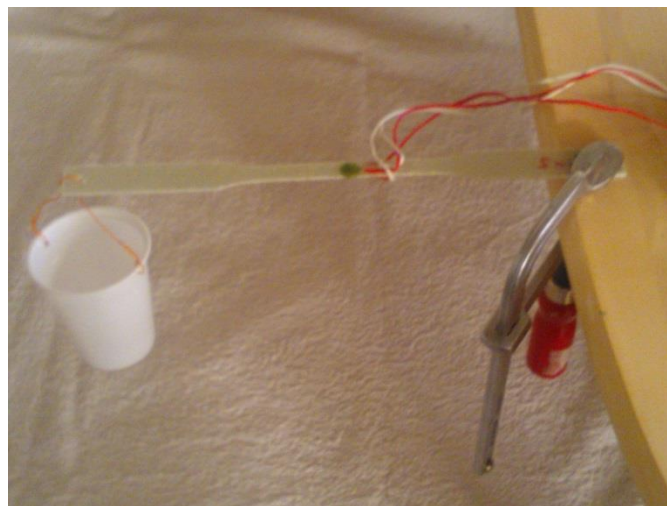
19. Tehdään datajohdon väliin kertolasku, johon sijoitetaan kertoimeksi 1,64.

Käynnistetään mittaus . Nyt vaaka toimii oikein. Kuva 9.14



KUVA 9.14

Asetan vaakaan toisen noin 11 gramman painon ja vaaka näyttää 22,17. Vaaka kuvassa 9.15



KUVA 9.15 Työn venymäliuskavaaka

## 10 MITTAUS WI-FI-YHTEYDELLÄ CDAQ -9191:N AVULLA

Mittaukset voidaan toteuttaa myös Wi-Fi-yhteydellä käyttäen National Instrumentin NI cDAQ-9191 alustaa, jossa on yksi moduulipaikka ja RJ-45 Ethernet-portti. Alustalla voidaan luoda Ethernet ja 802.11 Wi-Fi-yhteydet, joiden kautta mittaustuloksia voidaan lukea isäntätietokoneella. Liitin mittausalustaan moduulin 9219, jossa oli jo aiemmin kytkemäni mittausanturit./18./. Alusta kuva 10.1/18/.



KUVA 10.1 NI cDAQ-9191 alusta.

### 10.1 Alustan NI cDAQ-9191 käyttöönotto

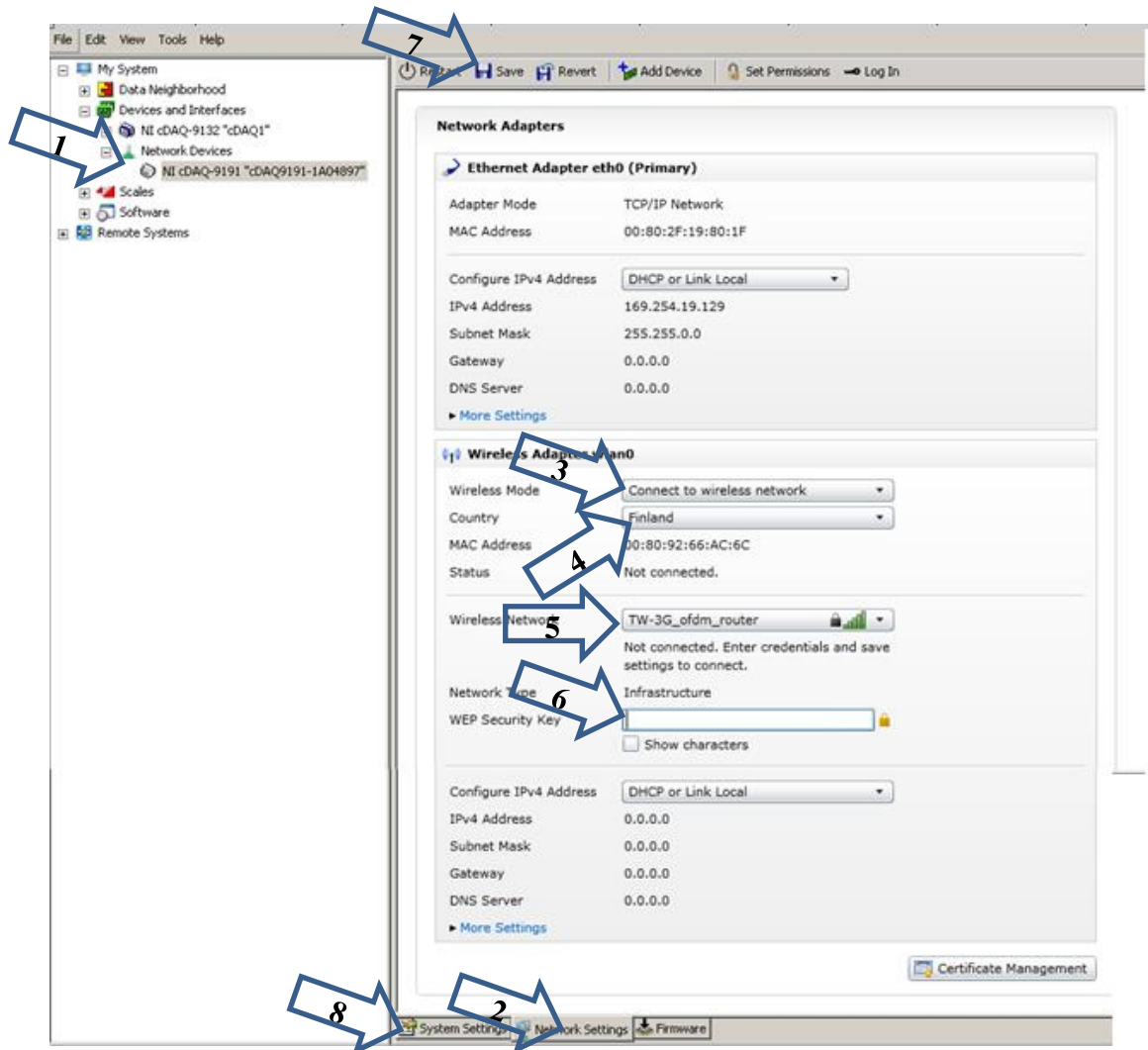
Liitetään NI cDAQ-9191 alusta RJ-45 verkkokaapelilla isäntätietokoneen NI cDAQ-9132 RJ-45 LAN 2 porttiin ja kytketään jännite NI cDAQ-9191 alustaan.

Avataan Measurement & Automation Explorel tuplaklikkaamalla NI MAX -kuvaketta työpöydällä.



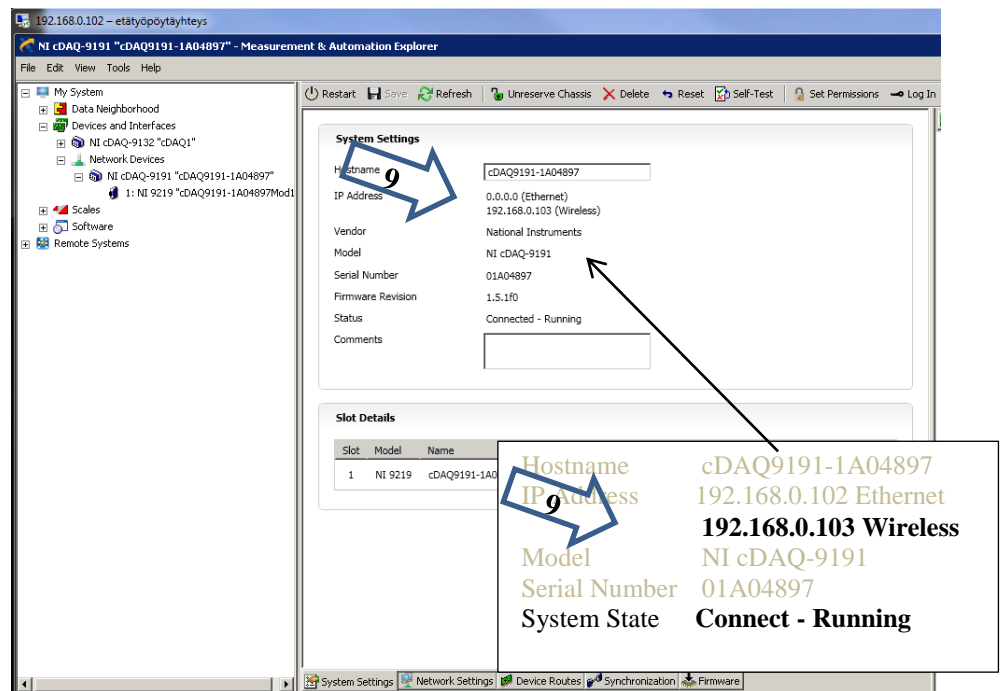
Avautuu ikkuna kuva 10.2





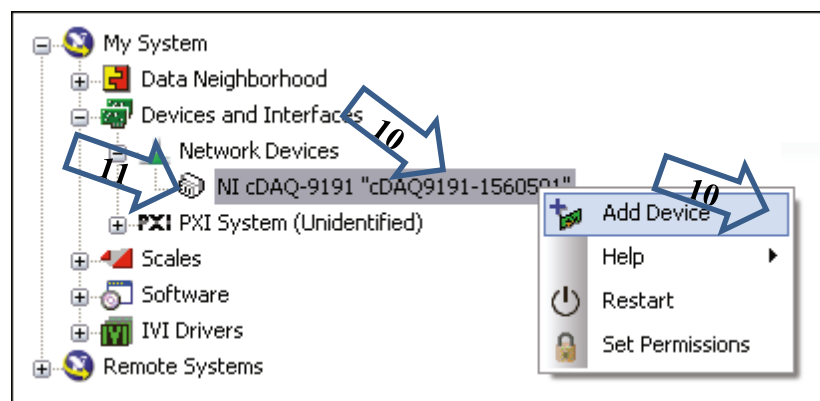
KUVA 10.2

1. Valitaan Devices and Interfases, Network Devices ja NI cDAQ-9191 ”cDAQ9191-1A04897”.
2. Valitaan Network Settings.
3. Valitaan Wireless Mode valikkoon, Connect to wireless network.
4. Valitaan Country valikkoon, Finland.
5. Valitaan Wireless Network valikkoon, johon Etherne-tverkkoon alusta halutaan liittää. Käytössäni on verkko nimeltä TW-3G\_ofdm\_router, joten valitsen kyseisen verkon.
6. Kohtaan VEP Security Key kirjoitetaan verkon salasana.
7. Tallennetaan tehdyt asetukset Save komennolla. Alustaan syttyvät Wlan-ledit palamaan 4kpl.
8. Valitaan ikkunan alalaidasta System Settings välilehti, avautuu ikkuna kuva 10.3



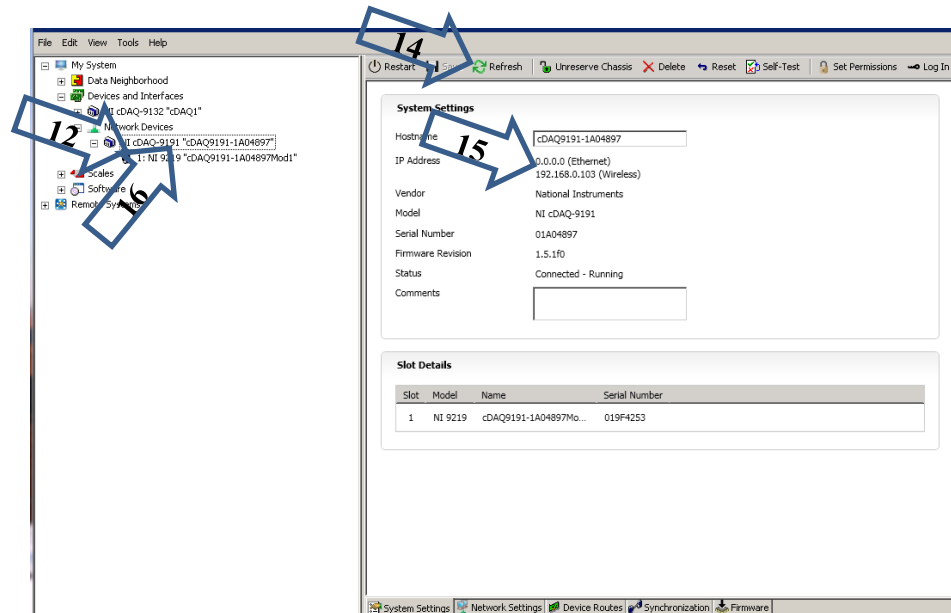
KUVA 10.3

9. Tarkistetaan korostetut kohdat, että ikkunan IP -osoitteet ovat näkyvillä ja systeemi on Connect -running tilassa. IP -osoitteet eivät ole välttämättä samat kuin malli-ikkunassa.
10. Klikataan hiiren kakkospainikkeella kohdassa NI cDAQ-9191 "cDAQ9191-1A04897" ja valitaan Add Device., kuva 10.4



KUVA 10.4

11. Odota, jotta kohdan NI cDAQ9191 etuikoni vaihtuu siniseksi.
12. Alle avautuu uusi valikko 1: NI 9219 "CDAQ9191-1A04897Mod1", kuva 10.5



KUVA 10.5

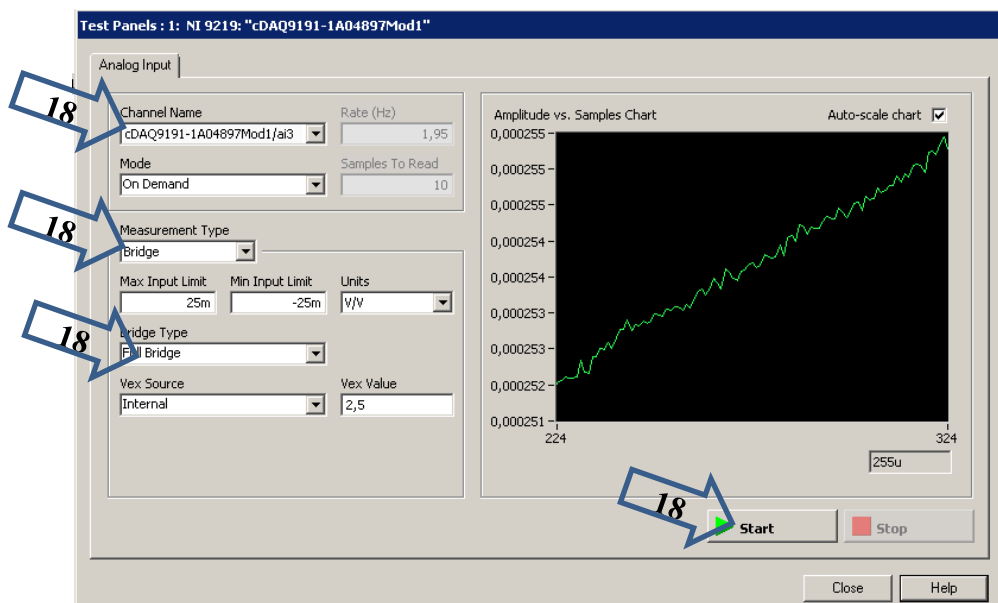
13. Irroitetaan ethernet johto RJ-45 alustasta NI cDAQ-9191.

14. Valitaan Refresh.  Refresh

15. Tarkistetaan, että kohdassa IP Address Wireless (langaton) on IP -osoite näkyvillä.

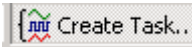
16. Valitaan kohta 1: NI 9219 "cDAQ9191-1A04897Mod1" siniseksi.

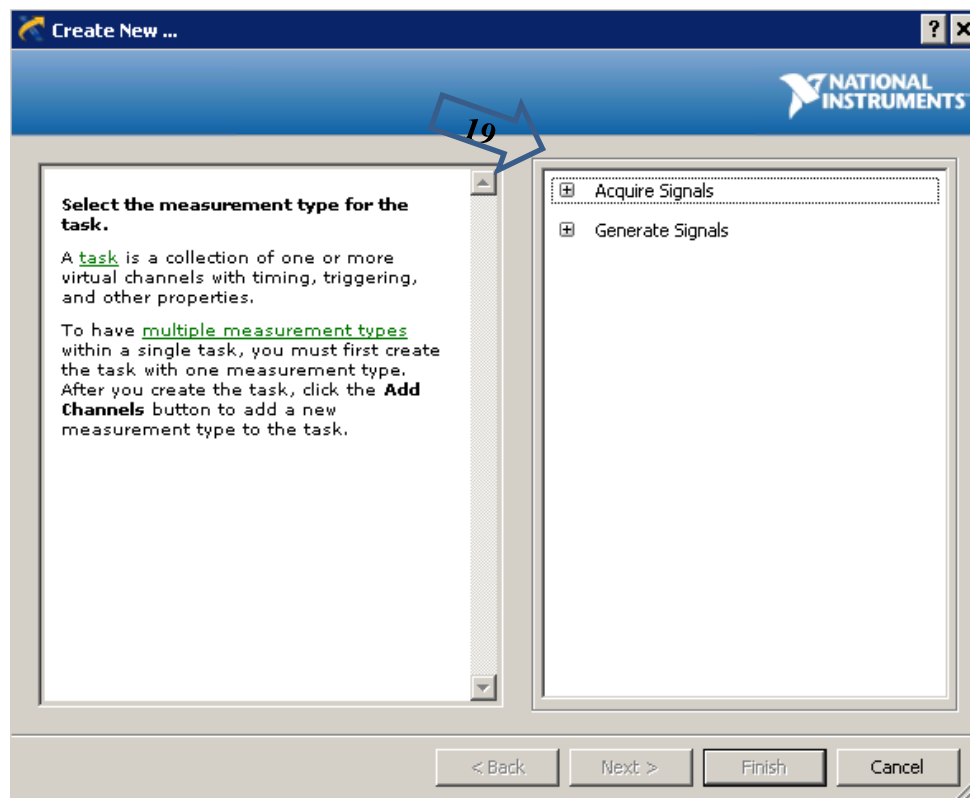
17. Valitaan Test Panels.  Test Panels... Avautuu mittausikkuna, kuva 10.6



KUVA 10.6

18. Mittausikkunassa valitaan mitä mittaustulosta (ai) halutaan tarkastella ja tehdään sen mukaiset valinnat ohjelmointi ja käyttöönotto-osioiden 5-9 mukaisesti. Mittaus käynnistetään painamalla Start./19./

Kun halutaan tarkastella useampaa mittaustulosta, valitaan kohdan 17 Test Panels sijasta Create Task.  Create Task..., avautuu ikkuna kuva 10.7

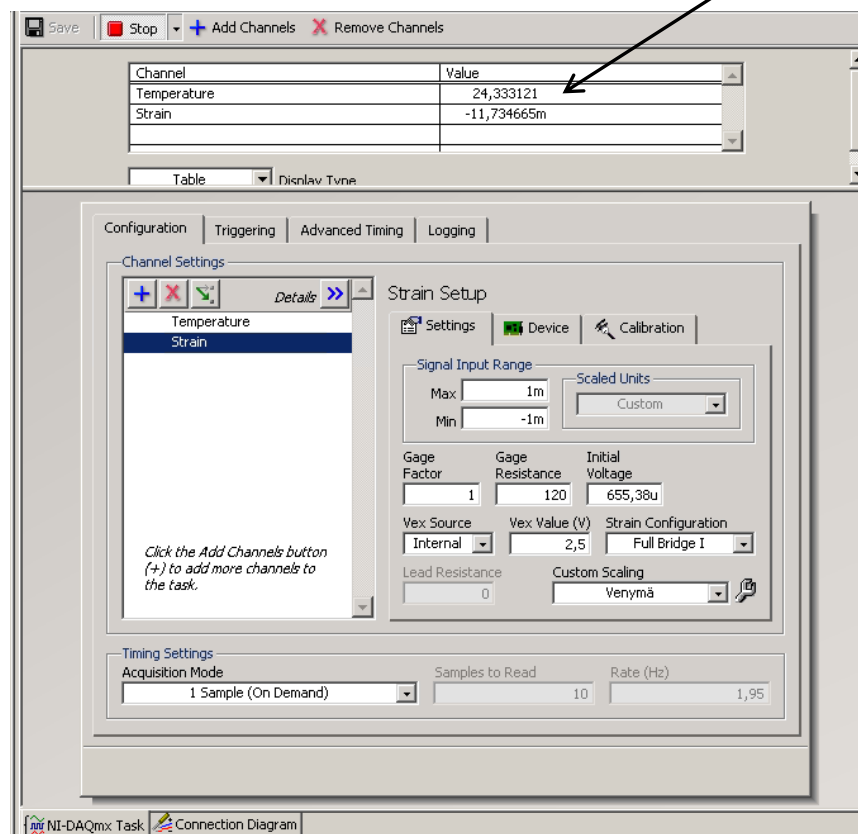


KUVA 10.7

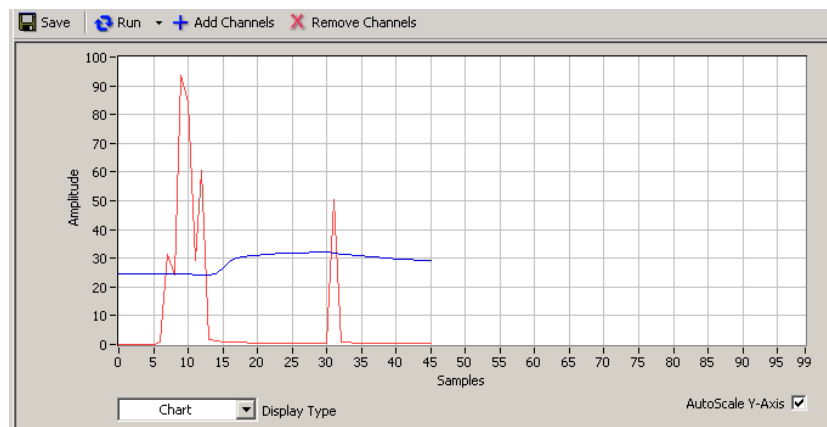
19. Kyseisessä ikkunassa, sekä seuraavissa kohdissa tehdään valinnat ohjelmointi ja käyttöönotto-osioiden 5-9 mukaisesti sillä perusteella mitä mittauksia halutaan tarkastella.

Olen valinnut tarkasteltavaksi lämpötila- ja venymäliuskamittaukset. Näistä mittauksista numeraalinen esitystapa kuvassa 10.7 ja graafinen kuvassa 10.8

Mittaustulokset



KUVA 10.7 Mittauksen numeraalinen esitys.



KUVA 10.8 Mittauksen graafinen esitys.

## 11 POHDINTA

Insinööriyön tarkoituksena oli laatia ohjeet sähkötekniikan koulutusohjelmalle LabVIEW 2014 -ohjelmistolla ohjelmoitavien mittausten tekoon käyttäen National Instrumentin NI 9219- moduulia ja siihen kytkettyjä antureita ja laitteita.

Työn alkuvaiheessa tutustuin erilaisiin anturitekniikoihin, niiden toimintaan ja historiaan. Vertailin eri anturien toimintaa keskenään ja niiden käyttökohteita. Selvitin National Instrumentin NI cDAQ-9132 ohjainyksikön toimintaa ja merkkiledien merkitystä.

Seuraavaksi tutustuin National Instrumentin NI 9219- moduuliin ja kuinka eri anturit ja laitteet tulisi siihen kytkeä. Lisäksi selvitin millaista merkitystä eri kytkentävaihtoehtoilla on mittauksen lopputulokseen. Lämpötilaa mitattaessa Pt 100 anturilla 4-johdinkytkentä eliminoi molempien mittajohtimien resistanssin, kun 3-johdinkytkentä eliminoi vain toisen mittajohdon resistanssin. Näin ollen 4-johdinkytkennässä mittajohtimien pituus ei vaikuta mittaustulokseen. Käytettäessä termoelementtiä lämpötilanmittaukseen termoelementin johtimia ei saa jatkaa muulla materiaalilla (esim. kuparijohtimella). Käytettäessä jatkomateriaalina muuta materiaalia kuin mistä termoelementti on valmistettu, lämpötilaero ei siirry mittalaitteella asti, vaan jää jatkoskohtaan. Mitattaessa resistanssia 4-johdinkytkentä eliminoi molempien mittajohtimien resistanssin. 2-johdinkytkennässä mittajohtimien resistanssi näkyy mittaustuloksessa. Varsinkin mitattaessa pieniä vastuksia alle  $100\Omega$  kytkennällä on merkitystä.

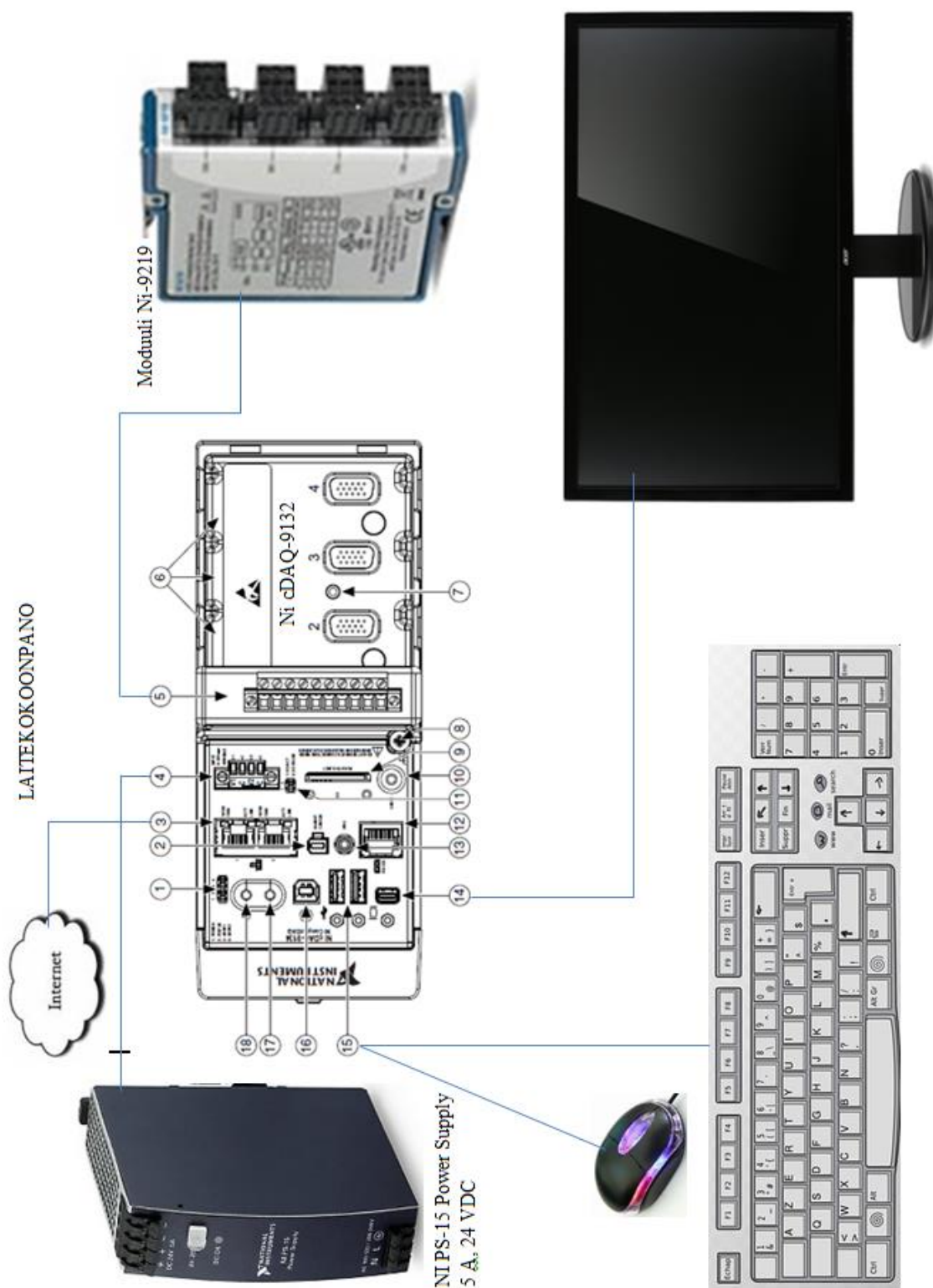
Ohjelmointivaiheessa selvitin National Instrumentin LabVIEW 2014 -ohjelmistolla tehtävään ohjelmointiin tarvittavat toimenpiteet, esimerkiksi skaalaukset, ikoni valinnat ja tarvittavat lukuarvot kuhunkin valikkoon. Insinööriyö oli mielenkiintoinen toteuttaa ja sain laadituksi selkeät ohjeet Mikkelin ammattikorkeakoulun sähkötekniikan oppilaiden käyttöön.

## LÄHTEET

1. Käyttöohje HDH-N CO<sub>2</sub> Transmitter. Produal. WWW- dokumentti.  
<http://www.produal.fi/FI/Tuotteet/Poistuneet%20tuotteet>. Luettu 2.2015. Ei saatavilla alkuperäistä ohjetta.
2. Platinum RTD Types. National Instrument. <http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370466AA-01/measfunds/rtdtypes/>. Päivitetty 8.2014. Luettu 4.2015.
3. Vastuslämpömittari, 00089222. Elfa Distrelec. WWW- dokumentti.  
[https://www.elfaelektronikka.fi/elfa3~fi\\_fi/elfa/init.do?item=76-688-62&toc=19411](https://www.elfaelektronikka.fi/elfa3~fi_fi/elfa/init.do?item=76-688-62&toc=19411). Luettu 4.2015.
4. Resistance Temperature Detector (Pt100). Thermibel. WWW- dokumentti.  
<http://www.thermibel.be/documents/pt100/pt100-equations.xml?lang=nl>. Päivitetty 27.2.2015. Luettu 4.2015.
5. Mäkelä, Mikko. Soinen, Lauri. Tuomola, Seppo. Öistämö, Juhani. Tekniikan kaavasto. Matematiikan, fysiikan, kemian, ja lujuusopin peruskaavoja sekä SI-järjestelmä. Hämeenlinna Kariston Kirjapaino Oy. Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy. 2010.
6. Pihkala, Juhani. Prosessisuureiden mittaustekniikka. Vantaa Dark Oy: Opetushallitus. 2004
7. Miten toimii Pt100-anturi. SKS sensors. WWW- dokumentti.  
<http://www.skssensors.fi/faq/miten-pt100-anturi-toimii/>. Päivitetty 18.3.2015. Luettu 3.2015.
8. Aumala, Olli. Mittaustekniikan Perusteet. Helsinki Hakapaino Oy: Yliopistokustannus. 2000
9. Termoelementtien lämpötilataulukot. Toleranssit IEC 60584-2:n mukaan. Inor. WWW- dokumentti. [http://www.inor.se/temperatur/temperatur-produkter/TempDel2Finsk/Termoel\\_lampotila.pdf](http://www.inor.se/temperatur/temperatur-produkter/TempDel2Finsk/Termoel_lampotila.pdf) . Päivitetty 10.8.2007. Luettu 2.2015.
10. Lämpötilan mittaus termoelementeillä. Nokeval. WWW- dokumentti.  
[http://www.nokeval.com/pages.php?page\\_id=12&](http://www.nokeval.com/pages.php?page_id=12&). Päivitetty 2008. Luettu 2.2015
11. Termopari lämpötila-anturina. Peitiko Oy.  
<http://www.pietiko.fi/pietiko/sovellus/Termopari.pdf>. Päivitetty 2.12.2009. Luettu 4.2015.
12. Keinänen, Toimi. Kärkkäinen, Pentti. Lähetkangas, Markku. Sumujärvi, Matti. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki WSOY Oppimateriaalit Oy. 2007
13. NI cDAQ-9132/9133/9134/9135 User Manual. National Instrument. WWW- dokumentti. <http://www.ni.com/pdf/manuals/371800c.pdf>. Päivitetty 3.2014. Luettu 4.2015.
14. cDAQ-9132 CompactDAQ Controller, 1.33 GHz Dual-Core Atom, 4-Slot. National Instrument. WWW-dokumentti.  
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/fi/nid/212698>. Päivitetty 2014. Luettu 4.2015.

15. NI- 9219 Universal Analog Input, 24-Bit 100 S/s/ch, 4 Ch Module. National Instrument. WWW-dokumentti.  
<http://sine.ni.com/nips/cds/print/p/lang/fi/nid/208789>. Päivitetty 2014. Luettu 4.2015.
16. Sensor Measurement Fundamentals Series. Voltage, Current, and Power Measurements. National Instrument. WWW- dokumentti.  
[ftp://ftp.ni.com/pub/branches/northern\\_region/sensor\\_fundamentals\\_2013/voltage\\_current\\_power.pdf](ftp://ftp.ni.com/pub/branches/northern_region/sensor_fundamentals_2013/voltage_current_power.pdf). Päivitetty 28.1.2013. Luettu 4.2015.
17. Calibration proceduke NI- 9219. National Instrument. WWW- Dokumentti.  
<http://www.ni.com/pdf/manuals/372264a.pdf>. Päivitetty 11.6.2011. Luettu 4.2015.
18. NI cDAQ-9191. NI CompactDAQ 1-Slot Ethernet and 802.11 Wi-Fi Chassis. National Instrument. WWW- dokumentti.  
<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/fi/nid/210045>. Päivitetty 2014. Luettu 12.5.2015.
19. How Do I Set Up an Ad Hoc Network on My NI cDAQ-9191. National Instrument. WWW- dokumentti. <http://www.ni.com/pdf/manuals/373276a.pdf>. Päivitetty 2014. Luettu 12.5.2015.





**MITTAUSJÄRJESTELYT**

